Aus der Augenklinik und Poliklinik der Freien Universität Berlin
im Städtischen Krankenhaus Westend
Direktor: Professor Dr. med. Hugo Gasteiger

ÜBER DIE FLIMMERPERIMETRIE BEI SCHIELAMBLYOPIEN

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

1966

vorgelegt von
Gisela Kürer geb. Herrmann
aus Plauen/Vogtland

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546527_0044

Aus der Augenklinik und Poliklinik der Freien Universität Berlin
im Städtischen Krankenhaus Westend
Direktor: Professor Dr.med. Hugo G a s t e i g e r

Über die Flimmerperimetrie bei Schielamblyopien

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Gisela Kürer geb. Herrmann
aus Plauen/Vogtld.

Dekan: Professor Dr.med. Wilhelm Maßhoff
Referent: Professor Dr.med. Kurt-Eberhard Kleberger
Korreferent: Professor Dr.med. Hugo Gasteiger

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK - LEIDEN -

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin.

Promoviert am: 21. Januar 1966

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	1
a) Was ist Flimmerverschmelungsfrequenz	1
b) Was ist Flimmerperimetrie?	2
c) Welches ist der Ort der Verschmelzung?	3
d) Welche Faktoren beeinflussen die FVF?	6
e) Geschichtliche Darstellung der Entwicklung der Flimmeruntersuchungen	9
II. Aufgabenstellung	14
a) Hauptaufgabe	14
b) Frühere Arbeiten zum gleichen Thema	15
c) Zusatzaufgabe	20
III. Beschreibung des Apparates und der eigenen Untersuchungsmethode	22
a) Das verwendete Gerät	22
b) Einhaltung konstanter Bedingungen	22
1. Umfeldbeleuchtung - Helladaptation	23
2. Vermeidung der Flimmer- und Lokaladaptation	23
c) Untersuchungsablauf der Hauptversuche	24
1. Auswahl der Patienten	24
2. Flimmerperimetrie	25
3. Visuskontrolle	26
4. Fixationskontrolle und Augenhintergrundskontrolle	26
5. Begründung der Reihenfolge der Untersuchungen	27
d) Zusatzuntersuchungen	27
IV. Untersuchungsergebnisse und ihre Auswertung	29
V. Ergebnisse der Zusatzuntersuchungen mit künstlichen Pupillen	39
VI. Diskussion der Ergebnisse	40
VII. Zusammenfassung	45

I. Einleitung

a) Was ist Flimmerverschmelzungsfrequenz? (FVF)

Bietet man dem Auge einen unterbrochenen Lichtreiz mit variabler Frequenz dar, so bezeichnet man die Frequenz, bei der das Flimmern zu einem kontinuierlichen Eindruck verschmilzt, als Flimmerverschmelzungsfrequenz (v. Kries).

Das Phaenomen der Verschmelzung kommt durch eine gewisse Trägheit der Netzhaut zustande (Tschermak 1929), die "oberhalb einer gewissen Frequenz nicht mehr in der Lage ist, den Einzelaktionen zu folgen". Nach Tschermak hält die Nacherregung noch so lange an, bis der nächste Reiz wirksam wird.

Diese Trägheit ist bei der dunkeladaptierten Netzhaut stets größer als bei der helladaptierten. Die Verschmelzungsfrequenz liegt also bei dem helladaptierten Auge höher als bei dem dunkeladaptierten. Diese Feststellung wird sich noch als bedeutungsvoll für den Vergleich verschiedener Arbeiten erweisen.

Schon viele Autoren haben unter den verschiedensten Versuchsanordnungen sich bemüht, diese Sinneseindrücke für Untersuchungen über Physiologie und Pathologie des menschlichen Auges und der Sehbahnen auszunutzen. Anfänglich galt das Interesse im wesentlichen den zentralen Anteilen der Netzhaut; erst in den 30iger Jahren unseres Jahrhunderts ging man dazu über, mehr und mehr die peripheren Teile der Netzhaut in die Untersuchungen einzubeziehen. Es entwickelte sich daraus eine neue Art der Gesichtsfelduntersuchung.

b) Was ist Flimmerperimetrie?

Es gibt heute im wesentlichen 2 Grundformen der Perimetrie:

a. Die auf Albrecht von Graefe zurückgehende topographische oder kinetische Perimetrie.
b. Die quantitative oder besser statische Perimetrie, welche sich wieder in 4 Hauptgruppen unterteilt.

Bei der ersteren sucht man mit Hilfe eines bestimmten Reizes, der von außen in das Gesichtsfeld hineingeführt wird, die Linien mit der gleichen Empfindlichkeit - die sogenannten Isopteren - zu ermitteln.

Bei der statischen Perimetrie wird an beliebige Orte im Gesichtsfeld eine Reizmarke gestellt, an der verschiedene Änderungen vorgenommen werden können, um ihre Auftauchschwelle zu ermitteln. Es werden also bei ruhendem Reiz Zahlenwerte für die verschiedenen Punkte des Gesichtsfeldes als Ausdruck der Empfindlichkeit der geprüften Stelle festgestellt.

Als erste dieser Arten der statischen Perimetrie wäre die Lichtsinnperimetrie nach Sloan 1939 zu nennen. Es wurde die Leuchtdichte einer 1^{o} großen Marke geändert und die Lichtunterschiedschwelle festgestellt, die für sehr starke und sehr schwache Intensitäten sehr viel geringer ist als für die mittleren Helligkeiten. Im günstigsten Fall können noch Helligkeitsunterschiede von 1/200 des Grundwertes unterschieden werden.

Die zweite statische Methode ist die Bestimmung des pupillomotorischen Schwellenreizes nach Harms 1940, bei der die Reizschwelle für die pupillomotirsche Erregbarkeit an den verschiedenen Punkten des Gesichtsfeldes gemessen wird. Sie ist eine objektive Perimetrie.

Als dritte Methode wäre die Bestimmung der Lokaladaptation nach Cibis 1948 zu nennen. Cibis maß bei seinen Untersuchungen die Zeit, die vergeht bis eine farbige Reizmarke, die dem Auge an den verschiedenen Punkten des Gesichtsfeldes dargeboten wird, infolge der Lokaladaptation subjektiv verschwindet.

Die vierte Methode der statischen Perimetrie ist die bei den vorliegenden Versuchen angewendete Flimmerperimetrie, deren Anfänge bis in das vorige Jahrhundert zurückreichen, wie aus dem später folgenden geschichtlichen Überblick zu ersehen sein wird. Das wichtigste Merkmal dieser Methode ist die Tatsache, daß hierbei der Faktor Zeit eine große Rolle spielt (Hylkema, Miles, Kleberger).

Nach Kleberger kann man sagen, daß "bei der Untersuchung auf Verschmelzung von Periodenreizen das Auflösungsvermögen der gereizten Stelle in zeitlicher Hinsicht geprüft wird."

c) Welches ist der Ort der Verschmelzung?

Die bisher veröffentlichten Arbeiten machen widersprechende Angaben über den Ort, an dem die Verschmelzung der Einzelreize stattfindet.

Besondere Bedeutung zur Klärung dieser Fragen ist vor allem den neueren Untersuchungen beizumessen, die die Elektroretinographie mit der Darbietung von Flimmerreizen verbinden. Nach Dodt gibt die Elektroretinographie "einen objektiven Einblick in den Ablauf der retinalen Umwandlungsvorgänge des Lichtes in nervöse Impulse."

Als erster fand Sachs 1928 bei Selbstversuchen, daß die Verschmelzungsfrequenz im Flimmer-ERG und die subjektive Verschmelzungsfrequenz gleich waren. Bei der Reizung der Retina mit Flimmerlicht weist das ERG

wellenförmiges Flimmern auf, das bei hohen Frequenzen verschwindet. Unter den Bedingungen des Stäbchensehens (Dunkeladaptation) treten im Flimmer-ERG b-Wellen auf; unter Bedingungen des Zapfensehens a+b-Wellen im Wechsel.

Sachs leitete aus seinen Versuchen die These ab, daß die Netzhaut den Ort der Verschmelzung darstellt und nicht das Zentralorgan.

Dodt stellte 1951 fest, daß die von verschiedenen Autoren gefundenen Abweichungen zwischen Flimmer-ERG und subjektiver Verschmelzungsfrequenz darauf beruhten, daß zu schwache Lichtreize verwendet wurden. Die photopischen Rezeptoren der Retina ergaben danach keine meßbaren Potentialschwankungen mehr. Dodt bestätigte die Versuche von Sachs für das helladaptierte Auge.

Auch Teräskeli (1934), Granit (1936), Hecht (1933), Geldard (1934) und Svaetichin (1956) nahmen die Retina als Ort der Verschmelzung an.

Enroth hat bei Ableitung des Aktionspotentials von der Ganglienzellschicht der Retina festgestellt, daß deren Verschmelzungsfrequenz in gleicher Größenordnung liegt. Es ist die maximale Frequenz, mit der die Ganglienzellen von den Rezeptoren und Zwischenneuronen zur Erregungsaussendung gebracht werden können.

Im Gegensatz dazu stehen die Arbeiten von Bartley (1937) und Legrand (1937), die die Verschmelzungsfrequenz nicht als retinal, sondern als zentralnervös bedingt ansehen.

Die Auffassung, daß die Verschmelzung cortical bedingt sei, wird in letzter Zeit wieder durch japanische Arbeiten gestützt. Zum Beispiel leiteten Kogi und Kawamura (1960) an Katzen elektrische Ströme vom Cortex und Subcortex bei Reizung mit Flimmerlicht ab. Es ergab sich dabei, daß die Aktionsströme vom Subcortex durch Barbituratgaben, Sauerstoffmangel, Äther-

inhalation und orale Alkoholgaben nicht oder erst sekundär gesenkt wurden. Elektrische Reizung der Formatio reticularis und des Thalamus ergaben einen Anstieg der corticalen FVF im EEG, während die FVF des Tractus opticus und des Corpus geniculatum laterale unverändert blieben. Die Verfasser nahmen an, daß die Variationen der FVF corticalen Ursprung hätten. Ein Beweis für diese Theorie ist unseres Erachtens jedoch in dieser Arbeit nicht enthalten. Man könnte als mögliche Annahme erwägen, ob die FVF wohl retinal zustande kommt, dann aber physiologischerweise auf dem Wege zum Zentrum noch beschnitten wird, wie das unter pathologischen Bedingungen noch stärker der Fall ist. Das ist eine plausible Theorie, die die Wirkungen der Pharmaka wie der elektrischen Reizung wohl erklären könnte.

Jamada untersuchte 1960 die FVF bei gleichzeitigen akustischen Reizen. Bei hoher Beleuchtungsstärke ließ sich die Verschmelzungsfrequenz durch akustischen Reiz nicht ändern, bei niedrigen Beleuchtungsstärken nahm sie jedoch mit der Zunahme der akustischen Reize ab. Der Verfasser schloß daraus, daß die FVF auch zentral beeinflußbar sei.

Bei klinischen Untersuchungen von Phillips (1933), Ridell (1936), Hylkema (1944), Weekers (1947-1949), Miles (1949) und Kleberger (1954/55) an Patienten mit pathologischen Veränderungen des Auges und der Sehbahn zeigte sich auch, daß gerade bei Erkrankungen der Sehbahn und der Sehrinde die FVF besonders stark gesenkt war. Wir dürfen wohl heute annehmen, daß die Verschmelzung unter physiologischen Bedingungen zwar bereits in der Retina stattfindet, daß jedoch Veränderungen innerhalb der Sehbahn sowie Medikamenteneinwirkungen auf das Zentralorgan die FVF zu hemmen oder auch in geringem Maße zu steigern vermögen.

d) Welche Faktoren beeinflussen die FVF?

Die FVF ist,abgesehen von der anfangs erwähnten Hell- bzw. Dunkeladaptation,noch von einigen anderen Faktoren abhängig. Es ist wichtig, diese Faktoren zu kennen, um konstante Bedingungen schaffen zu können, aus denen vergleichbare Ergebnisse resultieren. Eine eingehende Darstellung und Diskussion dieser Faktoren findet sich in der Habilitationsschrift von Kleberger (1960). Ich möchte mich auf eine Aufzählung derselben beschränken und verweise für genaue Informationen auf die oben genannte Arbeit.

Nach Kleberger kann man diese Faktoren in zwei Hauptgruppen unterteilen, und zwar "in solche, die durch den Reiz und solche, die durch die Versuchsperson gegeben sind". Kleberger gibt aber gleichzeitig an, daß diese Einteilung nicht streng durchzuführen ist, da eine Änderung der äußeren Faktoren gleichzeitig eine solche der inneren bedingt.

Zu den äußeren Faktoren gehören:

1. Die Intensität des Lichtreizes.
   Die FVF steigt mit der Erhöhung der Intensität - allerdings nur bis zu einer gewissen Grenze - bei etwa 5000 bis 8000 Kerzen/cm^2 (Hylkema 1942). "Die FVF folgt in weiten Grenzen dem Ferry-Porter'schen Gesetz, das besagt, daß sie mit steigendem Logarithmus der Intensität steigt" (zitiert aus Kleberger 1960).

2. Das Verhältnis zwischen Flimmerhelligkeit und Umfeldhelligkeit.
   Lythgoe und Tansley (1929) und Cobb (1934) fanden, daß die FVF bei gleicher Flimmer- und Umfeldhelligkeit am größten sei. Sie empfehlen außerdem die Testbeleuchtung so einzurichten, daß eine gute Helladaptation erzielt wird.

3. Das Verhältnis der Helligkeit beider Phasen.
   Die FVF ist nach den Untersuchungen von Tschermak (1929) bei gleicher Eindruckshelligkeit der einzelnen Reize am niedrigsten.

4. Das zeitliche Verhältnis zwischen Hell- und Dunkelphase.
   Nach Dubois-Poulsen (1952) wäre es für klinische Zwecke am besten, sich auf einen Kurvenverlauf zu einigen, bei dem Hell- und Dunkelphase gleich lang wären. Ein Vergleich der Untersuchungsergebnisse verschiedener Autoren wird unter anderem dadurch erschwert, daß gerade in diesem Punkt die Versuchsanordnungen sehr verschieden sind.

5. Die Größe des Reizfeldes.
   Die FVF steigt mit dem Logarithmus der Objektgröße. Von Granit und Harper (1930) stammt eine Formel, die dem Ferry-Porterschen Gesetz analog ist. Sie gilt nach Dubois-Poulsen (1952) aber auch nur in einem Bereich zwischen 0,39 und 13°.

6. Die Form des Reizlichtes.
   "Ein Kreis wird leichter verschmolzen als ein Viereck und dieses leichter als ein Dreieck" (Vernon 1937 zitiert nach Kleberger).

7. Die Farbe des Reizlichtes.

8. Mehrere getrennte Flimmerlichter auf einem kleinen Raum nahe beieinander angeordnet ergeben eine Erhöhung der FVF (Untersuchungen von Granit 1930). Es handelt sich dabei um eine Sonderform der Summation, die auch die Grundlage für die Steigerung der FVF bei steigender Objektgröße ist.

9. Störungen am Flimmerfeld.
   Graham und Granit (1931) teilten ein Kreisfeld von 1° Größe in 2 Hälften und ließen nur die eine Hälfte flimmern, während die andere stetig beleuchtet wurde. Sie untersuchten dann die FVF im Zentrum.

Bei gleicher Helligkeit beider Hälften war die FVF höher als dann, wenn die stetige Hälfte dunkler war. Andere Versuche in dieser Richtung stammen von Vernon (1937).

Zu den Faktoren von Seiten der Versuchspersonen, die die FVF beeinflussen können, gehören:

1. Der Ort der Netzhautreizung.
   Exner (1886) und Lohmann (1908) gaben an, daß bei großen Reizobjekten die FVF zentral niedriger sei als peripher. Sie erklärten dieses Phänomen mit der Summation in der Peripherie. Bei den Versuchen mit unserem Apparat fand sich an normalen Augen bei 10° peripher die höchste FVF. Im Zentrum lag sie um 2 bis 3 Hertz niedriger als bei 10° und fiel zur Peripherie hin wieder ab. Die niedrigere FVF zentral gegenüber 10° peripher kommt nach Kleberger durch die zentral stärker wirksame pupillomotorische Miosis zustande. Diese Erkenntnis leitet sich aus den Versuchen von Alpern und Spencer (1953) ab, die einmal das in das Auge einfallende Lichtbündel kleiner als die Pupille hielten und damit die FVF im Zentrum am höchsten und zur Peripherie hin abfallend fanden. Sobald das Lichtstrahlenbündel größer als die Pupille und somit durch diese begrenzt wurde, lagen die Werte wie bei uns zentral etwas niedriger als bei 10° und fielen zur weiteren Peripherie wieder ab.

2. Adaptationszustand.
   Auf diesen Punkt wurde anfangs bereits eingegangen. Der Vollständigkeit halber sei er hier nochmals genannt.

3. Erregungszustand des Nervensystems.
   Aufschluß über diesen Einfluß geben in letzter Zeit vor allem die Arbeiten, die die Wirkung von zentral anregenden bzw. sedierenden Medikamenten

auf die FVF untersuchen. Nach Pervitin z.B. stieg die FVF an (Beck 1951), während sie nach Meprobamat und Librium absank. (Alagna Petrosillo 1960).

4. Durchblutungszustand des Sehorgans.
   Nach der Untersuchung von Seiffert (1954 Dissertationsschrift aus der hiesigen Klinik) trat nach Kurzwellendurchflutung der Augen eine Steigerung der FVF um einige Hertz auf, die auf den Durchblutungszustand des Auges zurückgeführt wurde.

e) Geschichtliche Darstellung der Entwicklung der Flimmerperimetrie

Die ersten Anfänge der Flimmerperimetrie reichen bis in das vorige Jahrhundert zurück. So untersuchte Rupp (1869) im Rahmen seiner Doktorarbeit "Über die Dauer der Nachempfindung auf den seitlichen Teilen der Netzhaut" mit Hilfe von rotierenden Scheiben verschiedene Teile der Netzhaut. Seine Objekte waren sehr klein. Die Scheiben wurden von Hand betrieben. Er fand die FVF zentral am höchsten und zur Peripherie hin abnehmend.

Mit einer ähnlichen Versuchsanordnung, aber unter Verwendung größerer Objekte, kam Exner (1870) zu umgekehrten Ergebnissen. Bei Exner stieg die FVF vom Zentrum zur Peripherie hin an. Bellarminow (1889) verwendete ebenfalls kleine Objekte und bestätigte Exners Ergebnisse bei Dunkeladaptation, während er bei Helladaptation wie Rupp die FVF im Zentrum höher fand als in der Peripherie. Braunstein (1903) kam zu den gleichen Ergebnissen wie Bellarminow und sah in den verschiedenen Ergebnissen bei Hell- und Dunkeladaptation eine Bestätigung für die Duplizitätstheorie. Bergel (1895), der wesentlich größere Objekte verwendete als Rupp, bestätigte wiederum Exner.

Lohmann (1908) untersuchte als erster mit verschieden großen Objekten und gab an, daß die Peripherie um so mehr überwiege, je größer die Objekte seien. Zu erklären ist dieses Phänomen durch den Einfluß der Summation, der in der Peripherie wirksam wird (Granit 1931). Lohmann untersuchte als erster Patienten mit Amblypia ex anopsia. Er fand bei den amblyopen Augen eine Erhöhung der zentralen FVF, die damit etwa in gleicher Höhe wie die peripheren Werte lag. Er kam zu dem Schluß, daß bei Amblyopien das Netzhautzentrum den Charakter der Peripherie angenommen habe. Eine Unterbrechung für längere Zeit fanden die bis dahin kontinuierlich fortgesetzten Untersuchungen nach der strikten Ablehnung der Flimmermethode durch Hessberg (1909), der bei seinen Untersuchungen bei Erkrankungen der Netzhaut sowie der Sehbahnen keine wesentliche Herabsetzung der FVF fand und die Methode danach als ungenau und unwesentlich abtat. Obwohl Braunstein im gleichen Jahre eine Erwiderung veröffentlichte, in der er Hessberg Fehler nachwies und erneut für eine Einführung der Methode in die Klinik eintrat, kamen längere Zeit keine wesentlichen Arbeiten auf diesem Gebiet mehr heraus. Erst in den dreißiger Jahren wurden die Untersuchungen von Granit und seinen Mitarbeitern wieder aufgegriffen. Granit nahm bei Tieren Flimmer-ERG auf. Er war es dann auch, der die Tatsache daß bei großen Objekten die FVF in der Peripherie steigt (Lohmann u.a.) mit dem Vorhandensein zahlreicher synaptischer Verbindungen in der Peripherie erklärte.

1934 veröffentlichte Teräskeli ihre Ergebnisse bei Amblyopie. Sie fand, daß bei amblyopen Augen zwischen den Werten der Peripherie und des Zentrums keine wesentlichen Unterschiede bestehen, wohingegen bei normalen Augen die Peripherie höhere Werte zeigte als das Zentrum. Wie Granit war sie der Meinung, daß

es sich bei der FVF um ein Phänomen der Retina handelt und kam zu der Annahme, daß eine kongenitale Netzhautanomalie die Ursache für die Amblyopie ohne Spiegelbefund darstellt.

1936 untersuchte Werner den Einfluß der Pupillengröße auf die FVF. Er fand, daß bei erweiterter Pupille die FVF steigt, während sie bei Pupillenverengung etwas absinkt. Er erklärt dieses Phänomen im wesentlichen mit dem veränderten Adaptationszustand, zum geringeren Teil mit der unterschiedlichen Beleuchtungsstärke auf der Netzhaut. Zu gleichen Ergebnissen kam Speiser (1948). Ein Anhalt dafür, daß ein direkter Einfluß der verwendeten Miotica oder Mydriatica, außer auf dem Umweg über den unterschiedlichen Lichteinfall bestände, konnte nicht gefunden werden. Kleberger bestätigte 1960 die Angaben von Werner und Speiser.

Den Einfluß der Hell- und Dunkeladaptation auf die FVF behandelten nach Lythgoe und Tansley (1929) u.a. Enroth und Werner (1935), Alexanjan und Lifschitz (1939) sowie Dondero, Hofstaetter und O'Connor (1958). Die Ergebnisse zeigten übereinstimmend, daß die FVF bei Helladaptation höher liegt als bei Dunkeladaptation. Die FVF bei verschiedenen pathologischen Veränderungen des Auges und der Sehbahnen untersuchte zuerst wieder Phillips, der bei Erkrankungen der Sehbahn starke Senkungen der FVF fand. Ridell (1936) meinte nach seinen Untersuchungen, daß bei intraocularen Erkrankungen die FVF stärker gesenkt sei als bei Erkrankungen der höheren Zentren. Battersby und Bender (1958) gaben wiederum eine stärkere Senkung der FVF bei Erkrankungen der Sehbahn an. Weekers und Roussell (1948) untersuchten mit Hilfe der Flimmerperimetrie Ablationes retinae vom 18. Tag nach der Operation an. Sie stellten fest, daß die FVF zur Zeit der Ablösung mehr oder weniger stark abfällt und

im Laufe eines Monats nach der Operation wieder ansteigt. Die Normalwerte wurden aber nie mehr ganz erreicht, obwohl sonst keine Ausfälle mehr nachzuweisen waren. Bei ehemals blasigen Ablationes war der Anstieg unvollkommener als bei nur flachen. Die Verfasser meinten, daß die Flimmerperimetrie eine sehr gute Prüfungsmethode für die Netzhautfunktion darstellt.

1949 kam von den beiden letztgenannten Autoren in Zusammenarbeit mit Heintz noch eine Arbeit über die FVF bei Glaukomen heraus. Es zeigte sich wie auch später bei Klebergers Untersuchungen, daß Ausfälle teilweise mit der Flimmerperimetrie früher erfaßt werden konnten, als mit der gewöhnlichen Perimetrie. In seiner umfassenden Habilitationsschrift untersuchte Kleberger (1960) nicht nur die verschiedenen physiologischen Faktoren, die die FVF beeinflussen, z.B. Lokal- und Flimmeradaptation, Hell- und Dunkeladaptation, sowie Pupillenweite, sondern auch in Fortsetzung dieser gründlichen Untersuchungen die FVF bei Erkrankungen der Netzhaut und der Sehbahnen. Er fand eine besonders starke Senkung der FVF vor allem bei Störungen des Sehnerven (zu denen das Glaukom gerechnet werden muß) und der höheren Zentren. Bei reinen Netzhauterkrankungen war die Senkung der FVF nicht so ausgeprägt, aber auch vorhanden. Seine Untersuchungen bestätigen, daß zur Erzielung einer normalen FVF alle Glieder der Kette von der Reizaufnahme bis zum Sensorium intakt sein müssen. Kleberger plädiert auf Grund seiner eigenen und früherer Ergebnisse dafür, daß die Flimmerperimetrie als eine sehr empfindliche und leicht durchzuführende Methode in die ophthalmologische Praxis eingeführt wird.

In den letzten Jahren wurden die Prüfungen der FVF auch von Arbeitsphysiologen und Psychologen als Test für Ermüdung ausprobiert. Die Ergebnisse dabei waren

recht unterschiedlich.

Ebenfalls in den letzten Jahren erschien eine Reihe von Arbeiten, die über den Einfluß verschiedener Medikamente auf die FVF berichteten. Flemming (1954) z.B. gab an, nach Einträufelung von Sympathicomimetica bzw. Parasympathicomimetica in den Bindehautsack eine Erhöhung bzw. Erniedrigung der FVF erzielt zu haben. Er nahm an, daß es sich um einen direkten pharmakologischen Einfluß der Medikamente auf die FVF handelte. Nach Ansicht von Kleberger und anderen kommen diese Änderungen der FVF jedoch lediglich dadurch zustande, daß durch die verwendeten Medikamente eine Veränderung der Pupillenweite hervorgerufen wird.

Grignolo und Boles-Carenini (1954) untersuchten u.a. den Einfluß von Alter und Geschlecht auf die FVF. Ein Zusammenhang zwischen diesen Faktoren und der FVF konnte von ihnen nicht gefunden werden.

Von Kleberger wurden u.a. auch drei Patienten mit Amblyopia ex anopsia untersucht. Er fand bei den von ihm untersuchten Patienten keine signifikante Senkung der FVF des amblyopen Auges im Vergleich mit dem gesunden Auge, obwohl der Visus der Patienten nur 5/35 betrug. Kleberger schloß sich nach diesen Untersuchungen der Ansicht Hylkemas (1956) an, der angab, daß die FVF bei Untersuchungen von Amblyopien insofern von Wert sei, als sie eine Differentialdiagnose gegenüber der retrobulbären Neuritis ermögliche, bei der es zu einer starken Senkung der FVF kommt.

II. Aufgabenstellung

a) Hauptaufgabe

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit sollte es sein, anhand eines zahlenmäßig größeren Materials diese ersten Ergebnisse der Bestimmung der FVF Klebergers bei der Amblyopia ex anopsia mit dem von ihm benutzten Gerät zu überprüfen. Es sollten Kinder und Jugendliche mit Schielamblyopien aller Grade und mit verschiedener Fixationsweise untersucht werden.

Nach Bangerter (1953) ist die Amblyopie definiert als "Schwachsichtigkeit ohne organischen Fehler, oder mit einem, der nicht im Verhältnis zum Grad derselben steht". Dieser Ambloypiebegriff umfaßt neben der nach Bangerter zahlenmäßig weitaus stärksten Gruppe der Schielamblyopien auch noch Schwachsichtigkeit bei organischen Fehlern, bei denen der Grad der Schwachsichtigkeit nicht völlig durch den erkennbaren organischen Fehler erklärt werden kann.

Zu der vorliegenden Arbeit wurden ebenso wie zu den Arbeiten der acht früheren unten genannten Untersucher nur Patienten mit Amblyopie ohne Spiegelbefund untersucht. Es handelte sich um Patienten, die entweder schielten, oder bei denen ein Schielen anamnestisch ermittelt werden konnte. Es sollte versucht werden, mit Hilfe der Flimmerperimetrie einen Beitrag zur Klärung der primären Störung bei Amblyopien ohne Spiegelbefund zu leisten. Das Flimmergesichtsfeld des amblyopen Auges sollte dabei in Relation zu dem des gesunden gebracht und danach untersucht werden, ob signifikante Unterschiede zwischen beiden beständen.

b) Frühere Untersuchungen zum Thema

Als erster untersuchte Lohmann (1908) sechs Patienten mit Amblyopia ex anopsia. Er benutzte zu seinen Versuchen eine Scheibe von 20 cm Durchmesser, deren eine Hälfte schwarz, die andere weiß war. Die Scheibe wurde aus einer Entfernung von einem Meter gesehen. Also erschien sie unter einem Winkel von 11,5°. Sie wurde durch einen Motor mit Tourenzähler in Bewegung gesetzt. Die Scheibe war ortsfest.

Zur Untersuchung des Gesichtsfeldes wurden die Augen bewegt. Untersucht wurden jeweils das Zentrum und 12 Punkte des Gesichtsfeldes, und zwar in den beiden Hauptmeridianen die Punkte 15°, 30°und 45° vom Zentrum. Lohmann fand am normalen Auge die zentrale FVF niedriger als in der Peripherie. Am amblyopen Auge war gegenüber dem normalen Auge die zentrale FVF erhöht, so daß sie etwa in gleicher Höhe mit den Werten der Peripherie lag. Lohmann nimmt an, daß es sich bei der Amblyopie ohne Spiegelbefund zumindest teilweise um anatomische Veränderungen der Netzhaut handelt.

Die zweite Arbeit stammt aus dem Jahre 1934 von Teräskeli. Diese Autorin arbeitete ähnlich wie Lohmann mit rotierenden Sektorenscheiben. Sie fand die FVF für das normale Auge in der Peripherie höher als im Zentrum. Bei amblyopem Auge war die Zunahme der FVF in der Peripherie geringer oder überhaupt nicht vorhanden. Das ergab sich entweder aus einer Erhöhung des zentralen Wertes oder aus einer Erniedrigung der Werte der Peripherie, zum Teil auch aus beidem. Da sich bei Teräskelis Untersuchungen keine Unterschiede zwischen Zentrum und Peripherie am amblyopen Auge zeigten, kam die Verfasserin ähnlich wie Lohmann zu dem Schluß, daß es sich bei der

Amblyopie ohne Spiegelbefund um eine angeborene Netzhautanomalie handle.

1949 berichtet Miles über das Verhalten der VFV bei 44 Fällen von Amblyopia ex anopsia. Er arbeitete ähnlich wie wir mit einem elektronischen Gerät zur Erzeugung der periodischen Lichtreize. Jedoch war unabhängig von der Frequenz des Reizes die Länge der Helligkeitsphase zehn Millisekunden. Die Lampe war wie ein Scheinwerfer an einen Reflektor montiert und wurde für experimentelle Zwecke mit Schreibmaschinenpapier bedeckt. Die Lichtfarbe war orangeweiß. Die Lichtmarke wurde in einem Abstand von einem Meter unter einem Winkel von 8^{o} gesehen. Die retinale Abbildung betrug 2,25 mm im Durchmesser. Er verwendete somit eine wesentlich größere Lichtmarke als wir. Miles untersuchte seine Patienten zuerst mit der steigenden Methode - danach mit der fallenden und bezeichnete den Unterschied zwischen den erhaltenen Werten als die "Genauigkeit" des Patienten. Die Flimmeradaptation, die bei der steigenden Methode bekanntlich sehr ins Gewicht fällt und teilweise den Unterschied zwischen den beiden Messungen erklärt, wird von ihm nicht erwähnt. Miles untersuchte seine Patienten mit konstanten Pupillengrößen, die er durch Vorhalten von Lochblenden erzielte, sowie in Dunkeladaptation. Während normalerweise die Werte in der Peripherie höher als im Zentrum waren, fand er bei der Mehrzahl der Patienten im Zentrum des amblyopen Auges eine höhere FVF als im Zentrum des normalen Vergleichsauges. Seine Diagramme zeigen im Kollektiv eine starke $\pm$ Streuung der FVF-Werte, die er merkwürdigerweise nicht besonders erwähnt. Er bewertet unseres Erachtens zu Unrecht allein das arithmetische Mittel. Da dieses zentral etwas höher als das bei den normalen Augen war, schließt er: die zentrale Netzhautstelle des amblyopen Auges verhalte

sich wie die periphere Netzhaut. Dabei ist die Erhöhung lange nicht so hoch wie die bei 10° am gesunden Auge. Außerdem wurde das Fixationszentrum des amblyopen Auges nicht beachtet oder mitgeteilt.

1944 hatte Hylkema innerhalb ausgedehnter klinischer Untersuchungen über die Pathologie der FVF auch 18 Patienten mit Amblyopie untersucht. Er verwendete ein kontinuierliches Licht, das durch eine drehbare Scheibe, in der sich zwei Öffnungen befangen, rhythmisch unterbrochen wurde. Wie bei Lohmann stand die Lichtquelle fest. Die Gesichtsfelduntersuchung erfolgte durch Blickwendung. Hylkema erhielt bei seinen Versuchen am amblyopen Auge stark streuende Werte. Er gibt an, daß es keine eindeutigen Senkungen oder Steigerungen der FVF bei Amblyopie gibt und empfiehlt die Methode in diesem Zusammenhang lediglich zur Abgrenzung gegen eine retrobulbäre Neuritis.

Kozousek (1957) verwendete zu seinen Versuchen ein Maggioreperimeter, bei dem Glühlampe durch eine Glimmlampe ersetzt war. Die Wellenlänge des Lichtes lag zwischen 500 und 600 nm. Die Länge der Hellphase der Flimmerlampe war konstant 3 msec. Eine Erhöhung der Frequenz ging mit einer Verkürzung der Dunkelphase einher. Die Frequenz der periodischen Reize war fließend veränderbar zwischen 4 und 100 Hz. Der Verfasser suchte bei seinen Messungen die Stellen mit gleicher FVF im Gesichtsfeld. Diese Technik entspricht der kinetischen Perimetrie und ist daher in ihren Ergebnissen mit den unseren nicht ohne weiteres vergleichbar. Bei den Messungen an Patienten mit Amblyopie änderte der Verfasser die Lichtintensität des Flimmerreizes. An den normalen Vergleichsaugen lagen bei sehr schwachen Lichtblitzen die höchsten Werte 20 bis 25° peripher, während sie bei stärkeren Lichtintensitäten etwa 20° peripher waren. Kozousek folgerte daraus,

daß sich bei wachsender Intensität des Lichtblitzes der Ort der maximalen FVF in Richtung auf die Macula verschiebt. Der Verfasser wendete diese Untersuchung auf das amblyope Auge an und stellte fest, daß die absoluten Werte des amblyopen Augen im Vergleich zu denen des normalen zwar innerhalb der Streuungsbreite lagen; jedoch war bei jenen Lichtintensitäten, bei denen physiologischerweise der höchste Wert peripher lag, bei den amblyopen Augen die FVF in der Macula höher. Bei jenen Lichtintensitäten, bei denen physiologischerweise in der Macula die Höchstwerte zu erwarten waren, ergaben sich bei der Macula der amblyopen Augen niedrigere Werte. Der Verfasser schloß aus diesen Untersuchungen, daß bei Amblyopien die Macula funktionell den Charakter der Peripherie bekäme. Er kam somit zu einem ähnlichen Schluß wie Lohmann und Teräskeli.

Feinberg (1956) untersuchte an drei Patienten mit Amblyopia ex anopsia und sechs gesunden Kontrollpersonen, ob bei Vorsetzen einer konstanten künstlichen Pupille (2 mm Durchmesser) zwecks Kontrolle der Netzhautbeleuchtungsstärke ein signifikanter Unterschied zwischen der zentralen FVF des amblyopen und des normalen Auges bestehe. Die drei untersuchten Patienten hatten stärkere Visusherabsetzungen (unter 5/25). Eine konstante Fixation wurde dadurch gesichert, daß im blinden Fleck ein heller Punkt angebracht wurde, der bei etwaigen Fixationsschwankungen im Gesichtsfeld der Patienten erschien und ihnen damit ihre Fixationsabweichung anzeigte. Es ist dabei nicht erwähnt, ob es sich tatsächlich um eine zentrale, oder um eine zwar ruhige, aber doch eine etwas exzentrische Fixation handelte. Es wurde bei dieser Untersuchung mit der Intelligenz und dem guten Willen der Versuchspersonen gerechnet, die den Versuch von sich aus bei Fixationsschwankungen zu wiederholen hatten.

Die Objektgröße entsprach einem Sehwinkel von 0,75°. Der Test wurde aus einer Entfernung von 26 cm gesehen. Die Intensität der Lichtquelle war konstant. Das Hell-Dunkel-Verhältnis war 1, konnte aber beliebig verändert werden. Feinberg fand bei mehrfachen Kontrollen eine deutliche Herabsetzung der zentralen FVF des amblyopen Auges gegenüber der des normalen um etwa 2 bis 3 Hz als Mittelwert.

Alpern, Flitman und Joseph kamen bei Untersuchungen an sechs amblyopen Patienten (1960) zu ähnlichen Ergebnissen. Die Verfasser prüften zunächst mit dem an ihrer Klinik üblichen Flimmerperimeter, das aus einer durch einen "Strobotak" gesteuerten Neonglimmlampe im dunklen Umfeld bestand. Bei sechs amblyopen Patienten mit zentraler Fixation, bei denen sie die Pupillomotorik durch Vorsetzen künstlicher, 1 mm großer Pupillen ausschalteten, fanden sie eine geringe Senkung der zentralen FVF des amblyopen gegenüber dem gesunden Auge. In einer zweiten speziellen Versuchsserie verwendeten sie ein neu konstruiertes Flimmergerät, da sie die kontrollierbaren Variationsmöglichkeiten bei dem vorher verwendeten Flimmerperimeter nicht als für ihre Zwecke ausreichend ansahen. Das neue Gerät bestand aus einer mit stabilisiertem Gleichstrom betriebenen Glühlampe. Das Licht wurde durch eine 2 mm große Öffnung zentriert und dort durch eine rotierende Sektorenscheibe unterbrochen. Die Geschwindigkeit der Unterbrechungen wurde durch ein Stroboskop kontrolliert. Das Flimmerlicht konnte durch einen Graukeil in seiner Leuchtdichte verändert werden. Es wurde dann über eine Prismenanordnung in Form eines Lommer-Brodhunwürfels dem Auge dargeboten. Das Umfeld wurde durch eine Zusatzlampe auf einer Beleuchtungsstärke gehalten, die etwa der Reizschwelle des 30 Minuten dunkeladaptierten Auges entsprach. Die Verfasser wiesen mit ihren Untersuchungen die

Richtigkeit des Ferry-Porterschen Gesetzes in einem mittleren Bereich nach und zwar sowohl für das gesunde wie auch für das amblyope Auge. Das amblyope Auge hatte aber andere Konstanten für die Gleichung. Bei mittleren und hohen Beleuchtungsstärken zeigte sich eine Senkung der zentralen FVF des amblyopen Auges. Bei niedrigeren Beleuchtungsstärken wurde dagegen sowohl Senkung als auch Steigerung beobachtet.

Als bisher letzte Arbeit auf diesem Gebiet erschien 1960 von Ury und Lavergne eine Mitteilung. Die Verfasser verwendeten das handelsübliche Goldmannperimeter mit seinem für Flimmeruntersuchungen konstruierten Zusatzgerät. Sie kontrollierten an 30 Patienten mit Amblyopie ohne Spiegelbefund und zentraler Fixation bei Visusherabsetzungen von 7/10 bis weniger als 1/10, neun Punkte im horizontalen Meridian bis 8^{o} peripher sowie das Zentrum. Die Verfasser fanden keine signifikanten Unterschiede zwischen amblyopen und normalen Augen. Sie sahen ihre Ergebnisse als Beweis dafür an, daß die Störung bei Amblyopie im Cortex zu suchen sei.

c) Zusatzaufgabe

Erst nach Abschluß der anfänglich vorgesehenen Untersuchungen wurden uns die oben zitierten Arbeiten von Feinberg und Alpern et al bekannt. Feinberg, sowie Alpern et al waren von der Aussage von Harms (1938) ausgegangen, daß bei Schielamblyopien die Pupillomotorik des amblyopen Auges bei zentralem Lichteinfall gestört sei. Da bekanntlich bei weiter Pupille die FVF erhöht ist, was, wie früher ausgeführt wurde, auf die erhöhte Beleuchtungsstärke der Netzhaut zurückzuführen ist, würde die Aussage von Harms bedeuten, daß bei den amblyopen Augen infolge

der nicht voll wirksamen Pupillomotorik zentral eine höhere FVF ermittelt würde als wenn die Pupillen normal reagieren würden.

Beide Verfasser fanden, daß ohne künstliche Pupillen zwischen der zentralen FVF des gesunden und des amblyopen Auges keine wesentlichen Unterschiede beständen, daß jedoch bei Verwendung künstlicher Pupillen die zentrale FVF des amblyopen Auges regelmäßig etwa 2 bis 3 Hz unter der des normalen Auges läge. Sie kamen daher zu dem Schluß, daß die zentrale FVF des amblyopen Auges in Wirklichkeit unter der des normalen läge, was bei den bisher üblichen Messungen, bei denen die Pupillenweite nicht berücksichtigt wurde, durch die etwas weitere Pupille des amblyopen Auges ausgeglichen würde. Diese Angaben wurden von uns bei einer Reihe von Patienten unter Anwendung künstlicher Pupillen nachgeprüft.

III. Beschreibung des Apparats und der eigenen Untersuchungsmethode

a) Das verwendete Gerät

Wir verwendeten das von Kleberger angegebene und 1960 genau beschriebene Gerät. Es benutzt einen astabilen Kippschwinger zur Erzeugung des periodischen Flimmerreizes. Die Glimmlampe mit einer Leuchtfläche von 1/2 cm^2 wird auf dem Bogen eines üblichen Försterperimeters mit Hilfe eines Saugnapfes befestigt und läßt sich durch eine genügend lange Zuleitung auf dem Perimeterbogen beliebig verschieben. Die Lampe wird aus der Entfernung von 0,33 m unter einem Winkel von 1° gesehen. Der arithmetische Mittelwert der Leuchtdichte der Lichtmarke beträgt 395 asb und dieses entspricht bei einem Hell-Dunkelverhältnis von 1 einer Leuchtdichte des Hellwertes von etwa 800 asb. Die Flimmerfrequenz wird durch verstellbare Gitterableitwiderstände in der Multivibratorschaltung zwischen 10 und 60 Hz beliebig kontinuierlich verändert. Durch die gleichzeitige Veränderung beider Gitterableitwiderstände kann eine Frequenzänderung ohne Änderung des Hell-Dunkelverhältnisses erzielt werden. Dieses ist etwa 1:1, was als günstiges Verhältnis in der Literatur angegeben wird (Dubois-Poulsen 1952). Für weitere technische Einzelheiten verweise ich auf die Ausführungen von Kleberger (1960).

b) Einhaltung konstanter Bedingungen

Um korrekte und miteinander vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, wurden, wie auch bei Klebergers Messunsungen, verschiedene Bedingungen konstant gehalten:

1. Umfeldbeleuchtung - Helladaptation

Das verwendete Försterperimeter mit weiß gestrichenem Perimeterbogen stand in einem hell gestrichenen, mit einer Lampe von 200 Watt beleuchteten Raum. Die zu untersuchenden Personen wurden 5 bis 10 Minuten an die Helligkeit der Wand, gegen die das Perimeter gestellt war und die eine Beleuchtungsstärke von 33 Lux hatte, adaptiert. Es wurde also im Bereich der Helladaptation untersucht.

2. Vermeidung der Flimmer- und Lokaladaptation

Um die Flimmeradaptation (Legrand 1937) auszuschalten, untersuchten wir die Patienten stets mit der sogenannten fallenden Methode. Das heißt, zuerst wurde eine Frequenz eingestellt, bei der sicher kein Flimmern zu bemerken war. Wir begannen mit 60 Hz und senkten mittels des Potentiometers die Frequenz gleichmäßig langsam,bis der Patient das Flimmern durch das Wort "jetzt" angab. Bei der steigenden Methode, bei der man die Frequenz vom Eindruck des Flimmerns bis zur Verschmelzung steigert, liegen die Werte durch Flimmeradaptation besonders in der Peripherie wesentlich niedriger. Im Zentrum spielt die Flimmeradaptation praktisch keine Rolle.

Die Lokaladaptation (Cibis 1947) spielt ebenfalls zentral kaum eine Rolle, um so mehr aber in der Peripherie. Wir mußten uns daher bemühen, die Messungen in der Peripherie so schnell wie möglich durchzuführen. Die Glimmlampe wurde jeweils direkt vor der Messung an den zu prüfenden Punkt gebracht. Dann wurde so schnell, wie im Hinblick auf exakte Ergebnisse vertretbar, die FVF mit der fallenden Methode gemessen. Hylkema (1942) gab an, daß die Messung jeder einzelnen Stelle in der Peripherie nicht länger als 1,5 sec dauern dürfe, wenn man nicht bereits eine

Senkung durch Lokaladaptation haben wolle. Weekers und Roussell (1946) gaben die Zeit mit 2 sec an. Wir versuchten, jede Messung innerhalb 1 - 2 sec zu machen. Wenn wir an irgendeiner Stelle der Peripherie Zweifel in die Angaben der Patienten setzen mußten, weil der Patient nicht aufmerksam war, so ließen wir die entsprechende Stelle zunächst unbeachtet, untersuchten weiter und kontrollierten später den fraglichen Punkt noch einmal. Auf diese Weise konnte der Einfluß der Lokaladaptation vermieden werden.

Andere Autoren z.B. Ridell (1936) und Hylkema wandten eine andere Methode an, die "sampling method" genannt wird und die die Flimmer- und Lokaladaptation sicher ausschaltet, dafür aber den Nachteil der Pupillenreaktion hat: Der Test wird dem Betrachter jeweils nur kurzzeitig dargeboten unter feststehender Frequenz. Je nachdem, ob die Versuchsperson angibt, daß das Licht flimmert oder ruhig ist, wird die Frequenz erhöht oder erniedrigt und dann gemessen. Dies wird an jedem Ort solange wiederholt, bis der genaue Schwellenwert gefunden ist. Diese Methode erfordert jedoch wesentlich mehr Zeit als sie im klinischen Betrieb für Untersuchungen gemeinhin zur Verfügung steht und hat deshalb wohl mehr wissenschaftliche Bedeutung.

Bei den vorliegenden Untersuchungen verbietet sich die sampling method vor allem deswegen, weil die Kinder nicht in der Lage waren, ausreichend lange die volle Aufmerksamkeit auf die Versuche zu richten.

c) Untersuchungsablauf der Hauptversuche

1. Auswahl der Patienten

Alle untersuchten Patienten hatten wegen einer Schielamblyopie in der Universitätsaugenklinik im Städtischen Krankenhaus Westend in Behandlung gestanden.

Sie waren pleoptisch oder orthoptisch behandelt, ein Teil von ihnen war auch schieloperiert worden. Zu unserer Arbeit wurden vorwiegend Kinder und Jugendliche im Alter zwischen 8 und 16 Jahren ausgewählt. Diese stellten naturgemäß sowieso das Hauptkontingent der verfügbaren Patienten. Kinder unter 8 Jahren konnten nur in Ausnahmefällen mituntersucht werden, da die meisten in diesem Alter keine glaubwürdigen Angaben machten. Nur 3 Kinder zwischen 6 und 7 Jahren, die schon längere Zeit die Schielschule besucht hatten und entsprechend geübt waren, gut zu beobachten und präzise Angaben zu machen, wurden getestet. Auch bei den älteren Kindern gab es 5, deren Angaben derart wechselten und die sich so unaufmerksam zeigten, daß wir die von ihnen angegebenen Werte nicht in die Arbeit aufnehmen konnten. Schließlich wurden noch 7 erwachsene Patienten, von denen die älteste 41 Jahre alt war, untersucht. Im ganzen hatten wir 67 amblyope Versuchspersonen.

2. Flimmerperimetrie

Wir untersuchten mit dem Flimmertestgerät unter Verdeckung des jeweils nicht geprüften Auges zuerst stets das gesunde, danach das amblyope Auge der Versuchsperson im Zentrum und an 12 Punkten des Gesichtsfeldes. Wir konnten uns bei der gestellten Aufgabe aus folgenden Gründen auf 13 Untersuchungspunkte beschränken: Kleberger, Pesch (Dissertation aus unserer Klinik 1961) und andere hatten angegeben, daß es möglich ist, an jedem Punkt der Netzhaut die FVF zu prüfen. Bei den vorliegenden Untersuchungen konnte aber auf eine vollständige Untersuchung des Gesichtsfeldes verzichtet werden, da keine isolierten Ausfälle peripher zu erwarten waren. Es sollte nur eine Veränderung der zentralen und peripheren FVF des amblyopen gegenüber der des gesunden Auges in der Peri-

pherie oder im Zentrum erforscht werden. Zu diesem Zweck genügte es völlig, jeweils das Zentrum und den horizontalen und vertikalen Meridian des Gesichtsfeldes 10, 20 und 30° peripher zu untersuchen. Bei der Prüfung weiterer Punkte des Gesichtsfeldes wäre nur die Untersuchungszeit verlängert worden, die gerade auch im Hinblick auf die Konzentrationsschwäche der jugendlichen Patienten möglichst kurz gehalten werden sollte.

Die Prüfung der FVF erfolgte ohne Korrektion etwa vorhandener Brechungsfehler. Wir konnten die Korrektion vernachlässigen, da nach den Arbeiten von Hylhema, Weekers und Roussell, sowie Kleberger Brechungsfehler kaum einen Einfluß auf die FVF haben. Z.B. hatte Kleberger bei normalsichtigen Patienten die FVF unter Vorsetzung von Gläsern von +10 D gemessen. Es war dabei zu keiner wesentlichen Veränderung der FVF gekommen. Aphake Patienten zeigten mit oder ohne Starglas praktisch gleiche Werte der FVF.

3. Visuskontrolle

Im Anschluß an die Flimmerperimetrie führten wir eine genaue Visuskontrolle mit Korrektion durch, um die Frage einer Korrelation zwischen beiden Funktionen prüfen zu können.

4. Fixations- und Augenhintergrundskontrollen

Abschließend spiegelten wir den Augenhintergrund und prüften die Fixation mit dem Sternchentest. Der Augenhintergrund wurde zu dem Zwecke gespiegelt, etwaige pathologische Veränderungen, die zu einer Änderung der FVF hätten führen können, auszuschließen.

5. Begründung der Reihenfolge der Untersuchungen

Die Reihenfolge der Untersuchungen ergab sich einmal aus der Notwendigkeit, die Flimmerperimetrie in möglichst ausgeruhtem Zustand vorzunehmen. Zum anderen durften die Patienten vorher nicht geblendet sein.

Auf diese Weise ergibt sich die Möglichkeit, die Ergebnisse der Flimmerperimetrie nach mehreren Richtungen auszuwerten.

d) Zusatzuntersuchungen

Nach Erfüllung der ursprünglichen Aufgabe bestellten wir aus bereits vorgenannten Gründen 11 Kinder zu einer Nachprüfung in Mydriasis unter Vorsetzen einer künstlichen Pupille von 2 mm Durchmesser. Wir testeten nun lediglich das Zentrum. Die mangelhafte Pupillomotorik bei Amblyopien macht sich nach Harms nur bei zentralem Lichteinfall bemerkbar. Deshalb kommt es auch nur zentral zu einer eventuellen Verfälschung der Ergebnisse. In der Peripherie können wir durch das Vorsetzen künstlicher kleinerer Pupillen zwar ebenfalls eine Senkung der FVF erhalten (Kleberger 1960). Diese Senkung wäre aber beiderseits gleichmäßig vorhanden, da die vorher gewonnenen Ergebnisse der FVF eben nicht durch die ungenügende Pupillomotorik an dem einen Auge gestört wären.

Wir setzten die Kinder, wie bei den Hauptversuchen nach vorheriger Adaptation an die Beleuchtung des Untersuchungsraumes, an das Försterperimeter und verdeckten das nicht untersuchte Auge mit einer Augenklappe. Wir stellten kurz hintereinander 5 mal die zentrale FVF zuerst des normalen, danach des amblyopen Auges fest. Eine mehrmalige Kontrolle in kurzem Abstand ließ sich ohne weiteres durchführen, da

zentral, wie vorher erklärt, weder die Flimmer- noch die Lokaladaptation einen Einfluß haben. Aus den mehrfachen Messungen bildeten wir einen Mittelwert, den wir dann festhielten.

Anschließend wurden beide Pupillen mit Mydrial erweitert. Da nach den Untersuchungen von Kleberger u.a. bei Einträufelung von Miotica und Mydriatica die FVF lediglich durch die resultierende Änderung der Pupillenweite sinkt oder steigt und nicht durch einen direkten pharmakologischen Einfluß der Medikamente, konnten wir diese Erweiterung ohne weiteres vornehmen.

Der Versuchsperson wurde nun eine Probierbrille aufgesetzt. Vor das jeweils nicht zu prüfende Auge kam eine Abdeckscheibe, vor das zu prüfende Auge eine gut zentrierte Lochblende von 2 mm Durchmesser, die 8 mm vor dem Hornhautscheitel lag.

Von den untersuchten 11 Patienten hatten 8 eine etwas unruhig foveoläre Fixation. Die übrigen 3 fixierten unruhig nasal oder temporal am Rande der Macula.

IV. Untersuchungsergebnisse und ihre Auswertung

Bei jedem untersuchten Patienten wurden das Zentrum und der horizontale sowie vertikale Meridian bei 10, 20 und 30° in jedem Gesichtsfeld gemessen. Das sind je zweimal 13 Meßpunkte. Die Fülle des Materials gestattet keine numerische Angabe. Es werden deshalb für die verschiedenen Auswertungsmöglichkeiten graphische Darstellungen benutzt, von denen jeweils nur besonders bezeichnete Beispiele gezeigt werden. Die Gesamtheit der Untersuchungen ist zu einer endgültigen Aussage zusammengefaßt.

Während der Untersuchungen zeichneten wir im Koordinatenkreuz, bezogen auf den Fixationspunkt der jeweiligen Versuchsperson, die direkten Meßergebnisse ein (Beispiel siehe Abb. 1). Diese Art der Darstellung war

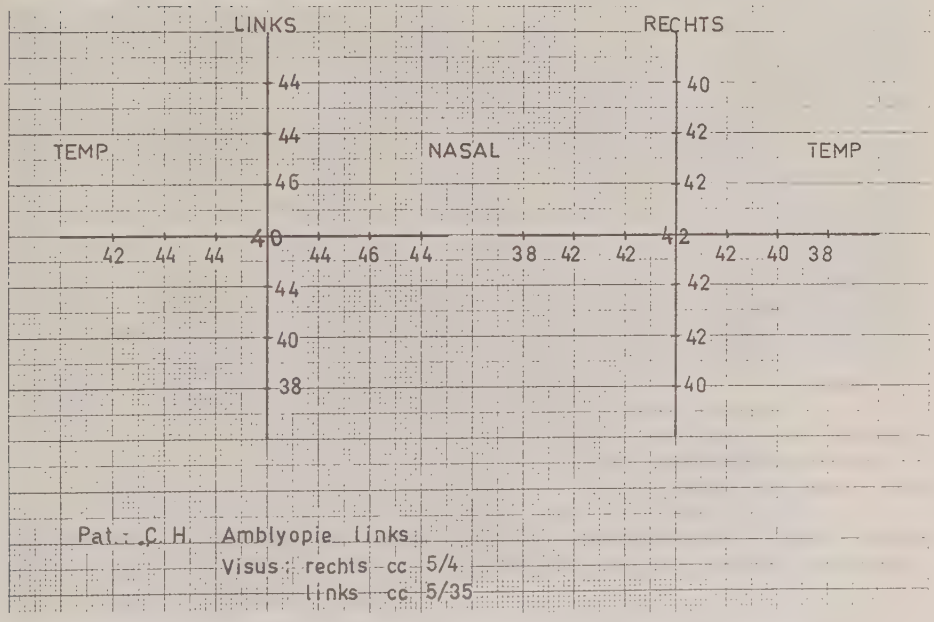


Abb. 1: Typische Aufzeichnung eines Flimmergesichtsfeldes. Die Zahlenwerte bedeuten Flimmerverschmelzungsfrequenz in Hz.

zwar für die Sammlung der Ergebnisse wichtig, konnte aber für eine vergleichende Auswertung nicht herangezogen werden. Hierfür bot sich folgende Darstellung an (siehe Abb. 2) Für jeden Patienten wurde ein Diagramm nach dem Muster der Abb. 2 gezeichnet.

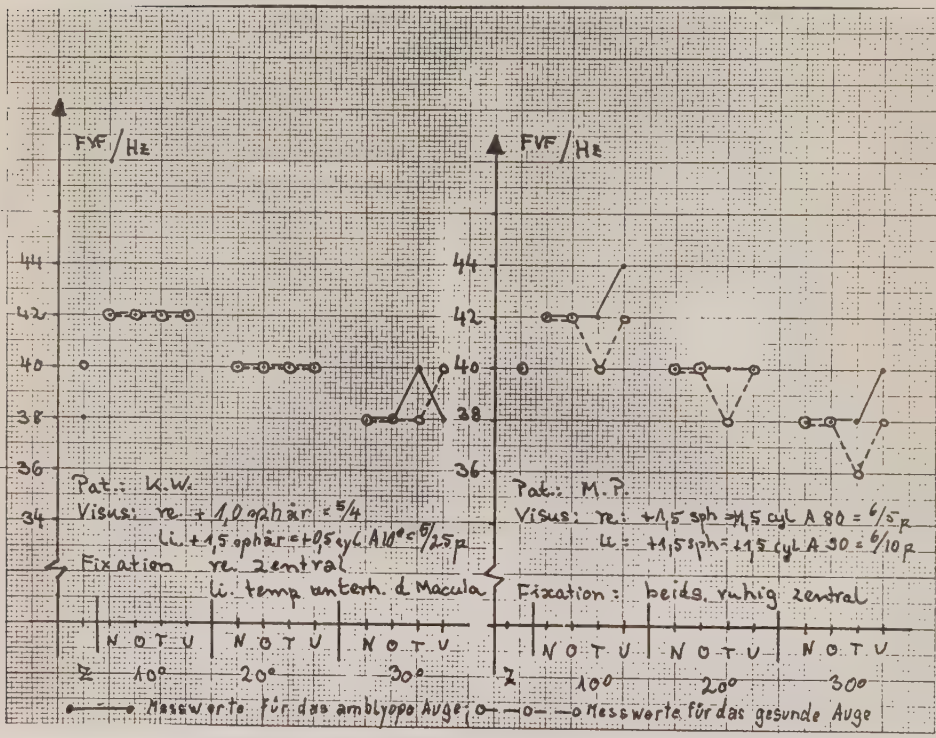


Abb. 2: 2 Diagramme, wie sie zur Auswertung der Meßergebnisse aufgezeichnet wurden. Die Abszisse gibt die Gesichtsfeldorte an, während die Ordinate die FVF in Hz zeigt.

Die Abszisse in Abb. 2 gibt den Gesichtsfeldort an. Die Ordinate gibt die Werte der FVF an. Die Werte für das gesunde bzw. das amblyope Auge werden unterschiedlich dargestellt.

Zur Veranschaulichung des später über die Eigenschaf-

ten der Patienten und ihre evtl. Auswirkung auf die Ergebnisse Gesagten wurden 2 Diagramme ausgewählt. Das erste zeigt die Werte eines Patienten mit zentraler Fixation am gesunden und etwas exzentrischer Fixation am amblyopen Auge. Trotz der unterschiedlichen Fixation waren die Werte in den 10 und 20°-Kreisen für das gesunde und das amblyope Auge gleich. Bei 30° ergaben sich kleine Unterschiede, die aber für die Mittelwerte wieder ausgeglichen waren. Im Gegensatz dazu werden die Werte eines zweiten Patienten mit beidseitig ruhig zentraler Fixation gezeigt, bei denen deutlich Unterschiede in den Werten der beiden Augen sichtbar sind.

Die Meßwerte sollten nun nach einer signifikaten Abweichung der amblyopen von den gesunden Augen untersucht werden. Zur Übersicht werden für das Kollektiv der untersuchten Patienten in Tabelle I die arithmetischen Mittelwerte und die quadratischen Streuungen für die zentralen und die gemittelten peripheren FVF der kranken und der gesunden Augen angegeben.

Aus der Tab. I ersieht man, daß für die Mittelwerte der FVF der gesunden und der kranken Augen die Unter-

Tabelle I: Arithmetischer Mittelwert und mittlere quadratische Abweichung für die zentrale und die gemittelte periphere FVF

Auge	arithmet. Mittelwert zentr.	arithmet. Mittelwert periph.	mittl. quadrat. Abweichung zentral	mittl. quadrat. Abweichung periph.
gesundes	36,59	36,68	2,84	3,46
krankes	36,57	36,46	4,37	4,79

schiede trotz erheblicher interindividueller Schwankungen (Maß hierfür ist die quadratische Abweichung) erst in den Stellen nach dem Komma auftreten.

mittlere quadrat. Abweichung = s

$$s = \sqrt{\frac{(m - m_1)^2 + (m - m_2)^2 + ... + (m - m_n)^2}{n}}$$

mit: m = Gesamtmittelwert der FVF im Kollektiv
n = Gesamtzahl der Patienten
m_2= Wert der FVF eines bestimmten Patienten

Da auf den Diagrammen nach Muster Abb. 2 sämtliche wichtigen Daten der Patienten und die Meßwerte beider Augen aufgezeichnet waren, ließen sie sich sehr leicht nach den verschiedenen Eigenschaften der Patienten und nach den in den Diagrammen auftretenden Tendenzen ordnen und vergleichen.

1. Die Abbildungen wurden nach den in ihnen auftretenden Tendenzen geordnet und versucht, ein bestimmtes gemeinsames Merkmal der Patienten zu entdecken. Diese Tendenzen waren:
   A.) Schwankungsbreite, d.h. Größe der Schwankungen der FVF innerhalb der 10, 20 und 30°-Kreise bei den einzelnen Patienten.
   B.) Größe der Abweichung der FVF zwischen gesundem und amblyopem Auge. Hierbei wurde:
      a) die Größe der zentralen Abweichung gesondert berücksichtigt;
      b) der arithmetische Mittelwert der 12 peripheren Punkte der FVF beider Augen gebildet und diese miteinander verglichen;
      c) der Mittelwert zwischen den 4 Punkten innerhalb eines Kreises gebildet und diese miteinander verglichen.
   C.) Richtung der Abweichung.
2. Sodann wurden die Abbildungen nach verschiedenen Gesichtspunkten, die sich auf Eigenschaften der Patienten bezogen, geordnet und versucht, entsprechende Tendenzen innerhalb der Diagramme festzu-

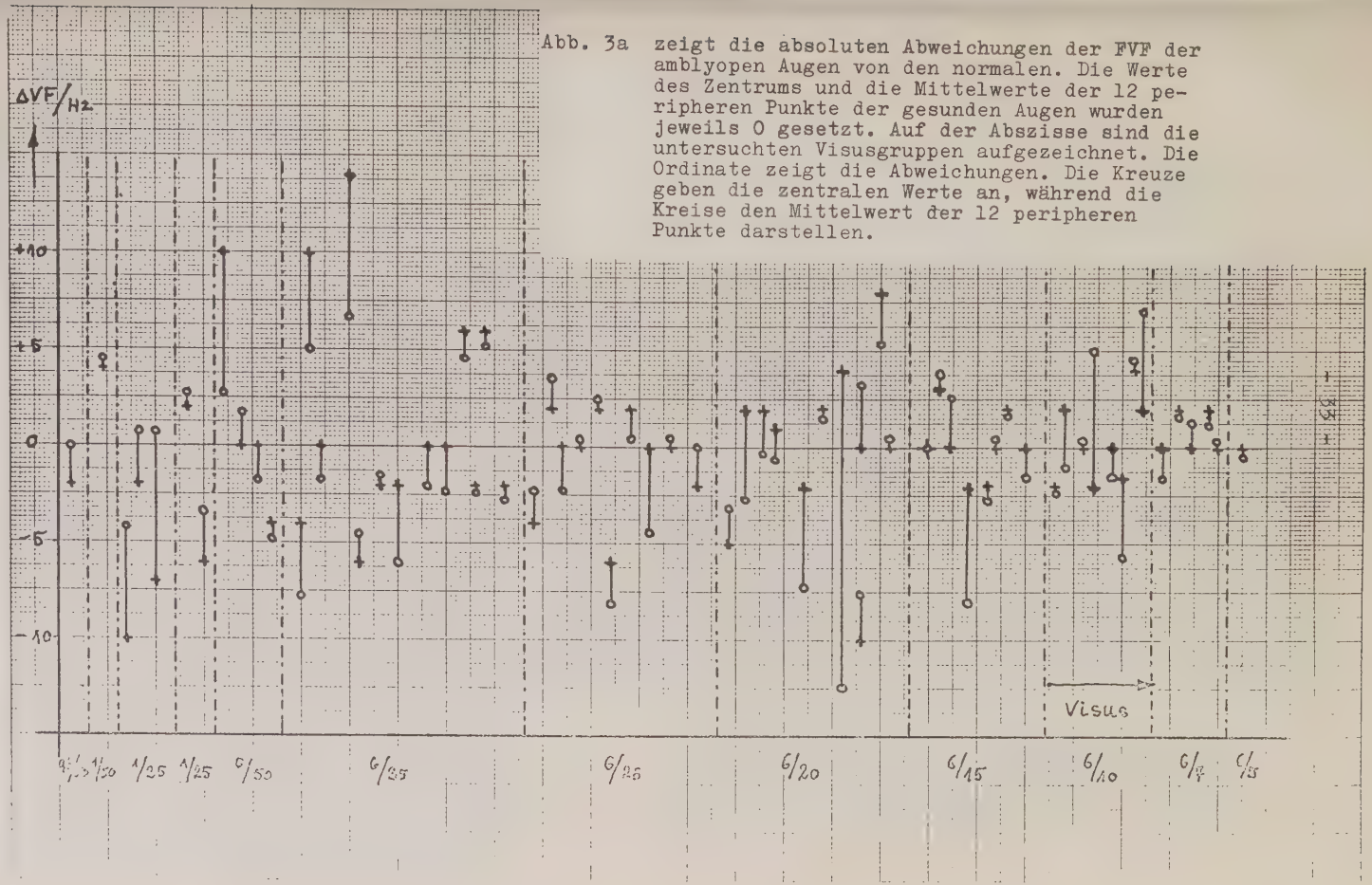


Abb. 3a zeigt die absoluten Abweichungen der FVF der amblyopen Augen von den normalen. Die Werte des Zentrums und die Mittelwerte der 12 peripheren Punkte der gesunden Augen wurden jeweils 0 gesetzt. Auf der Abszisse sind die untersuchten Visusgruppen aufgezeichnet. Die Ordinate zeigt die Abweichungen. Die Kreuze geben die zentralen Werte an, während die Kreise den Mittelwert der 12 peripheren Punkte darstellen.

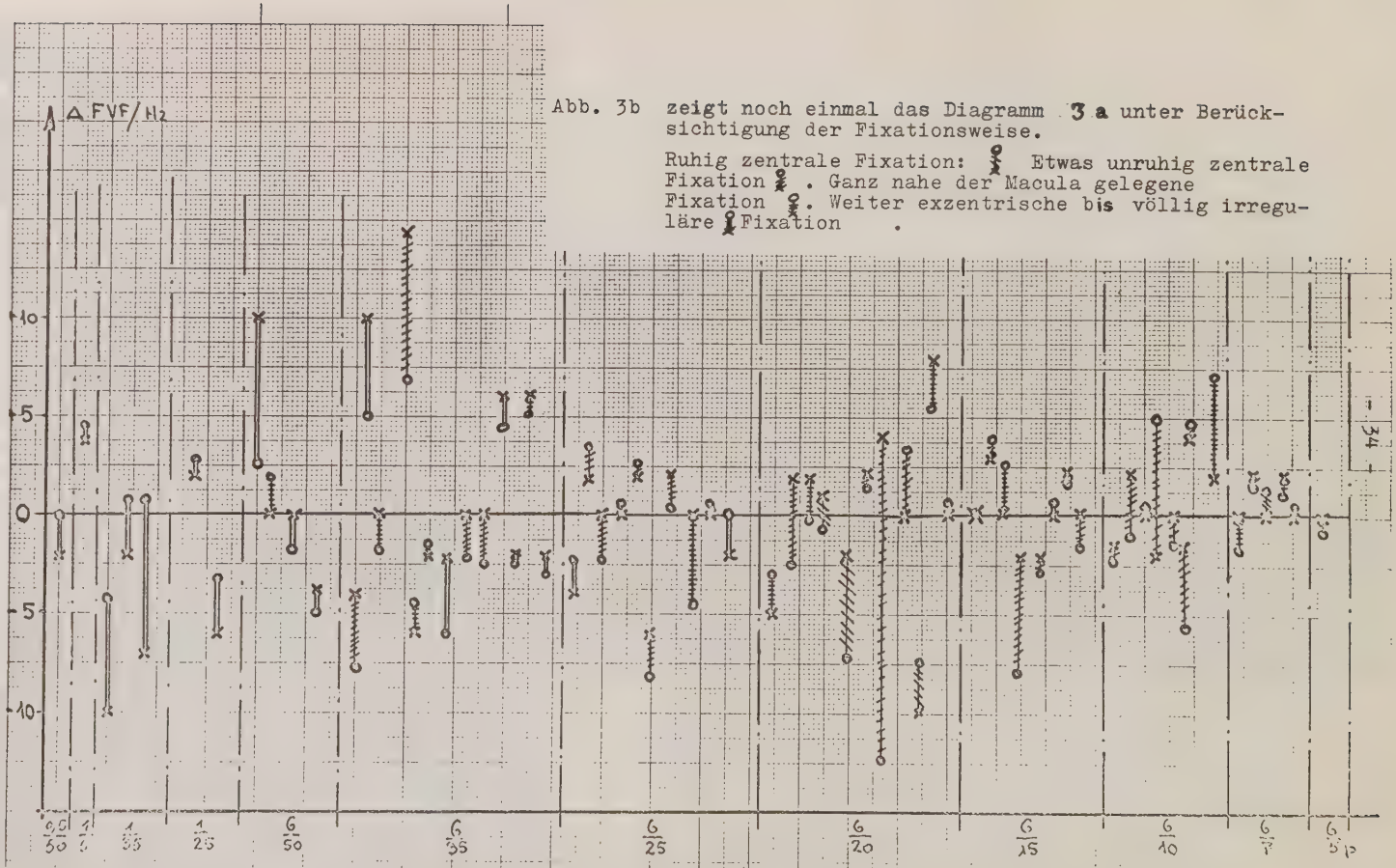


Abb. 3b zeigt noch einmal das Diagramm **3 a** unter Berücksichtigung der Fixationsweise.

Ruhig zentrale Fixation: Etwas unruhig zentrale Fixation . Ganz nahe der Macula gelegene Fixation . Weiter exzentrische bis völlig irreguläre Fixation .

stellen.
Diese Gesichtspunkte waren:
A) Visusherabsetzung am amblyopen Auge
B) Art der Fixation
C) Alter der Patienten

Zu 1 A) Bei Ordnung der Diagramme nach der Größe der Schwankungen konnte kein Verhältnis gefunden werden zu:

a) Ort und Art der Fixation.
Die Unterschiede zwischen den Werten im Zentrum und in den 10, 20 und 30°-Kreisen betragen bei normalen Augen im Mittel 1-2 Hz. Innerhalb der einzelnen Kreise kommen aber auch stärkere Schwankungen vor. Selbst bei relativ stark abweichender Fixation konnte im Mittel keine stärkere Schwankungsbreite als bei den normalen Augen gefunden werden.

b) Visusherabsetzung
Die Schwankungsbreite veränderte sich nicht signifikant in Zusammenhang mit der Visusherabsetzung.

c) Alter der Patienten
In allen vorhandenen Altersgruppen gab es Patienten mit stärkeren und solche mit schwächeren Schwankungen innerhalb der einzelnen Kreise.

Zu 1 B) und C) Aus Diagramm 3 sieht man sofort, daß in den verschiedenen Visusgruppen alle Größen der Abweichungen der Werte der FVF zwischen amblyopen und gesunden Augen möglich sind. Eine Beziehung zur Fixation sowie zum Alter konnte auch hier nicht gefunden werden. Weder in der Größe noch in der Richtung der Abweichungen ergaben sich irgendwelche Beziehungen

zu den Eigenschaften der Patienten. Dieses galt sowohl für die Mittelwerte aus den 10, 20 und 30°-Kreisen zusammen und für das Zentrum, wie auch für die Mittelwerte innerhalb der einzelnen Kreise, die im Diagramm nicht extra aufgeführt werden.

Zu 2 A) werden die Ergebnisse in dem bereits angeführten Diagramm 3 zusammengefaßt. Der Wert der FVF des Zentrums des gesunden Auges und der Mittelwert aus den 12 Punkten des gesunden Auges wurden = 0 gesetzt und die absolute Abweichung der FVF des amblyopen Auges auf der Ordinate auftragen. Das Kreuz zeigt den Wert für den Fixationspunkt, der Kreis den für den Mittelwert der 12 peripheren Punkte. Die Abszisse wird nach den Visusgruppen unterteilt.

Aus dem Diagramm ist kein Zusammenhang zwischen Visusherabsetzung und Veränderung der FVF zwischen gesunden und amblyopen Augen zu sehen.

Zu 2 B) wurde der Versuch unternommen, in einem normalen Flimmergesichtsfeld mit normaler fovealer Fixation das Diagramm des Gesichtsfeldes eines amblyopen Auges mit abweichender Fixation zu zeichnen. Es entstehen Scharen von konzentrischen Kreisen, bei denen einmal für das normale Auge die Fovea (M) das Zentrum bildet und in dem anderen Fall der durch den Sternchentest ermittelte Fixationspunkt (F) des amblyopen Auges. Es wurde nun versucht, die Differenzen der Meßergebnisse des amblyopen Auges in ein Verhältnis zu setzen zu der Lage dieser beiden Scharen von Kreisen. Es hätte sein können, daß eine Differenz, die als anormal für einen bestimmten peripheren Kreis des amblyopen Auges angesehen werden

muß, sich dadurch erklärt, daß sie in Wirklichkeit zu einem ganz anderen Gesichtsfeldkreis des normal fixierenden Auges gehört. Es konnte jedoch weder in Richtung noch Größe der Abweichungen eine Beziehung zum normalen Gesichtsfeld hergestellt werden (Siehe Abb. 4).

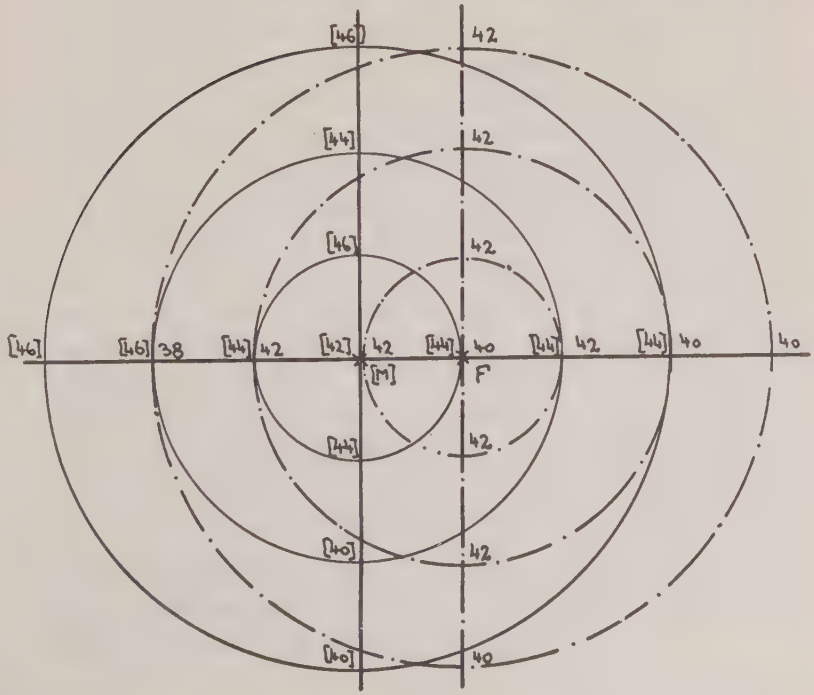
Außerdem zeichneten wir das Diagramm 3a nochmals unter Berücksichtigung der Fixationsweise der Patienten. Es ist deutlich zu erkennen, daß keine Abweichungen in Zusammenhang mit der Fixationsweise auftreten.

Abb. 4: Gesichtsfeld eines normalsichtigen Auges in Beziehung gesetzt zum Gesichtsfeld des amblyopen Auges (Pat. C.H.) mit exzentrischer Fixation von 10°.

M = Fovea des gesunden Auges

F = durch Sternchentest ermittelter Fixationspunkt des amblyopen Auges

Die Werte des gesunden Auges in den einzelnen Kreisen sind in Klammern gesetzt.



Zu 2 C) Als dritter möglicher Gesichtspunkt ergab sich das Alter der Patienten. Wir ordneten die Diagramme zwar auch in dieser Richtung, konnten aber erwartungsgemäß keinen Unterschied feststellen.

Eine Beziehung zur Intelligenz der Patienten ergab sich insofern, als Flimmergesichtsfelder aufgeweckt erscheinender Kinder weniger Schwankungen zeigten, als die anderer. Diese Aussage kann sich aber nur auf rein subjektive Eindrücke stützen, da es uns im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich war, bei den Patienten psychologische Untersuchungen einschließlich eines Intelligenztestes durchführen zu lassen.

V. Ergebnisse der Zusatzuntersuchungen mit künstlichen Pupillen

Durch das Vorsetzen von künstlichen Pupillen wurden von uns Senkungen der FVF bis zu 6 Hz beobachtet. Diese Senkung war auch zum Teil unterschiedlich zwischen den beiden Augen, jedoch nicht nur in der zu erwartenden Tendenz, im Sinne der stärkeren Erniedrigung beim amblyopen Auge, sondern auch gerade so, daß die Senkung für das amblyope Auge geringer war, als für das gesunde. Bezeichnet man die Senkung beim gesunden Auge mit G, die beim amblyopen Auge mit A, so sollte nach Feinberg, sowie Alpern et al die Differenz D = G - A negativ sein. Allerdings gilt dies nach Alpern et al nur für höhere Beleuchtungsstärken der Netzhaut. Es wurden bei uns Werte für D ermittelt, die zwischen +1 und -2 streuten (für 3 Versuchspersonen D = positiv; für 4 Versuchspersonen D = 0; für 4 Versuchspersonen D = negativ). Die Streuung beträgt also 3 Hz, welches ohne weiteres innerhalb der Meßungenauigkeit liegen kann. Die Werte der 3 Augen mit der gering abweichenden Fixation werden verteilt auf die drei ermittelten Möglichkeiten für D. Es ist noch zu bemerken, daß bei den von uns untersuchten Patienten makroskopisch kein Unterschied zwischen der Pupillengröße des gesunden und des amblyopen Auges zu erkennen war. Die eventuell vorhandene Differenz dürfte somit so gering sein, daß sie keinen Einfluß auf die Ergebnisse hat. Trotzdem haben wir die erwähnte Nachprüfung der Ergebnisse vorgenommen. Wir können also für unsere Versuchsanordnung keine Senkung der zentralen FVF des amblyopen Auges im Vergleich zum gesunden Auge bei Vorsetzen künstlicher Pupillen feststellen.

Die Kontrollmessung wurde lediglich für den Fixationspunkt durchgeführt, da - wenn überhaupt - dann dort der Unterschied auftreten würde.

VI. Diskussion der Ergebnisse

Die Untersuchungen des Flimmergesichtsfeldes amblyoper Augen mit unserer Methode, die auf klinische Bedingungen zugeschnitten waren, zeigten im Kollektiv bezüglich des arithmetischen Mittels keine signifikanten Abweichungen der FVF der amblyopen Augen gegenüber der der gesunden Vergleichsaugen. Dies steht in Übereinstimmung mit der Tatsache, daß auch sonst der Lichtsinn ungestört ist. Die Visusherabsetzung bei der Amblyopie beruht (z.B. nach Wald und Burian) auf einer Störung des Formensehens, das eine selektiv höhere Stufe der Sehfunktion darstellt.

Dagegen fanden wir eine große interindividuelle Streuung sowohl nach oben als auch nach unten. Für diese, auch schon früher beobachtete Tatsache kann keine Erklärung gegeben werden.

Dies bestätigt einige frühere Autoren, steht aber im Gegensatz zu anderen. Während Hylkema, Miles, Ury & Lavergne praktisch die gleichen Beobachtungen machten wie wir, kommen Lohmann, Teräskeli, Feinberg sowie Alpern et al zu abweichenden Ergebnissen. Ein Vergleich der Untersuchungsmethoden kann jedoch für diese Diskrepanz eine Erklärung geben; denn gerade die Methoden, mit denen Ergebnisse erzielt werden, die von den unseren abweichen, unterscheiden sich wesentlich von der bei uns benutzten. Die wichtigsten methodischen Unterschiede, die zu Abweichungen der Ergebnisse führen können, sind folgende:

a) Umfeldbeleuchtung
b) Leuchtdichte der Lichtmarke
c) Größe und Art des Flimmerreizes
d) Berücksichtigung der Pupillomotorik.

Alpern et al fanden, daß die Abweichung zwischen der FVF das amblyopen und des gesunden Auges mit Größerwerden der Beleuchtungsstärke der Netzhaut wächst. Bei geringeren Leuchtungsstärken fanden sie keine Abweichungen. Erst zu größeren Beleuchtungsstärken hin traten signifikante Abweichungen in dem Sinne auf, daß die zentrale FVF des amblyopen Auges niedriger wurde, als die des normalen Auges. Wir nehmen an, daß unsere Untersuchungen bei so niedrigen Beleuchtungsstärken vorgenommen wurden, daß die auftretenden Abweichungen noch innerhalb der durch Apparat und Versuchsperson bedingten Streuungen der Meßwerte lagen.

Die obigen Verfasser können durch Ausschaltung der Pupillomotorik eine direkte Aussage über die Beleuchtungsstärke der Retina machen, denn die Beleuchtungsstärke der Retina ist nur eine Funktion der Lichtmarkenleuchtdichte und des Pupillendurchmessers. Sie weisen nach, daß die von ihnen bei Vorsetzen künstlicher Pupillen gefundenen Abweichungen ohne künstliche Pupillen durch die mangelhafte Pupillomotorik des amblyopen Auges zum Ausgleich gebracht werden können. Es bleibe dahingestellt, ob auch bei noch so gründlicher Untersuchung schon aus den Ergebnissen von nur 6 Versuchspersonen eine allgemein gültige Aussage gemacht werden kann.

Der eventuell vorhandene Einfluß der Pupillomotorik wird von Hylkema vernachlässigt. Dadurch konnte dieser Verfasser zu gleichen Ergebnissen wie wir kommen, obwohl er mit ähnlichen Versuchsanordnungen (Dunkeladaptation und Flimmerreiz) arbeitet wie Alpern et al.

Feinberg schaltet die Pupillomotorik aus. Er fand bei mehrfacher Untersuchung von 3 amblyopen Pa-

tienten eine Senkung der zentralen FVF der amblyopen Augen gegenüber der der gesunden Vergleichsaugen. Feinberg gibt zwar an, daß er eine ruhige Fixation gewährleistet mittels durch Campimetrie festgestelltem blinden Fleck; er gibt jedoch nicht an, ob es sich um tatsächliche foveoläre Fixation handelte. Bei der genannten Versuchsanordnung könnte es sich auch um ruhig paramaculär fixierende Patienten gehandelt haben. Das ist sogar sehr wahrscheinlich, sonst hätte man bei dem sehr konstanten Abstand zwischen Fixierpunkt und blindem Fleck nicht zu kampimetrieren brauchen.

Bei den von uns untersuchten 11 Patienten traten Abweichungen der zentralen FVF das amblyopen Auges in negativer wie auch in positiver Richtung, sowie Übereinstimmung zwischen beiden Augen auf. Es wäre möglich, daß Feinberg bei einer größeren Zahl von Untersuchungen zu anderen Ergebnissen käme.

In den bisher genannten Arbeiten sind die Einflußgrößen Umfeldbeleuchtung, Beleuchtungsdichte der Lichtmarke und Berücksichtigung der Pupillomotorik (siehe Tabelle II) ausschlaggebend für die Verschiedenheit der Ergebnisse. Es muß nun aber beim Vergleich von flimmerperimetrischen Untersuchungen bedacht werden, ob und wie sich die Einflußgöße Größe und Art der Lichtmarke bemerkbar machen kann.

Die Befunde Lohmanns und Teräskelis, wonach am amblyopen Auge die zentrale Frequenz höher ist als am gesunden Auge und damit so hoch wie die periphere des gesunden Auges, sond von unseren Befunden her nicht zu erklären. Die von diesen Autoren benutzten großen Testobjekte (bei Loh-

Autoren	a)Umfeld-beleuchtung	b)Leuchtdichte d.Lichtmarke	c)Größe und Art d.Lichtmarke	d)Berücksichtigung d.Pupillomotorik	Ergebnisse	Zahl d. unters. Fälle
Alpern et al	dunkel	in weitem Bereich verändert	kleines Flimmerlicht	ja	negative Abweichg.der zentr.FVF d.ambl.Auges bei hohen Belastungsstärken,Streuung b.niedr.Bel.	6
Feinberg	dunkel	unserer entsprechende Größenordng.	0,75° flimmerndes Neonlicht	ja	negative Abweichg.der zentr.FVF d.ambl.Auges bei gegeb.Beleuchtg.	3
Hylkema	dunkel	unserer entsprechende Größenordng.	5° Flimmerlicht	nein	keine signifikante Abweichung; stark streuende Werte	18
Kozousek	Kinetische Perimetrie — Ergebnisse mit unseren nicht vergleichbar					
Lohmann	hell	rot.Sektorenscheibe in Raum mit Tageslicht	11,5° rotierende Sektorenscheibe	nein	positive Abweichung der zentr. FVF d. amblyopen Auges	6
Miles	variabel	unserer entsprechende Größenordng.	8° flimmerndes Neonlicht	teils ja, teils nein	keine signifikante Abweichung; stark streuende Werte	44
Teräskeli	hell	rot.Sektorenscheibe	größere rot. Sektorenscheibe	nein	positive Abweichung der zentr. FVF d. amblyopen Auges	5
Ury et Lavergne	hell	unserer entsprechende Größenordng.	Goldmann-perimeter	nein	keine signifikante Abweichung	30
Kürer	hell	Hellwert etwa 800 asb	1° flimmerndes Neonlicht	teils ja, teils nein	keine signifikante Abweichung; stark treuende Werte	67

Tabelle II: Vergleich der Methoden und Ergebnisse anderer Autoren mit unseren

mann in einer Ausdehnung von 11,5°) die zudem sich drehende Sektorenscheiben waren, stellen ganz andere Bedingungen dar. Es findet eine erhebliche Summation statt. Die Reizfläche überragt bei zentralem Sehen die hauptsächlich gehemmte Area des amblyopen Auges bei weitem.

Kozousek arbeitete zwar mit Flimmerreizen, seine Methode der Untersuchung entsprach aber der kinetischen Perimetrie, weswegen seine Ergebnisse praktisch nicht mit unseren zu vergleichen sind.

Miles, sowie Ury & Lavergne arbeitete unter sehr ähnlichen Versuchsbedingungen wie wir und kommen auch praktisch zu gleichen Ergebnissen. Auch bei ihnen finden keine signifikanten Unterschiede zwischen amblyopen und gesunden Augen. Bei Miles streuen die Meßwerte ähnlich stark wie bei uns. Etwaige Unterschiede, auch solche in Abhängigkeit von der Art der Fixation, gehen in der Schwankungsbreite der für die gesunden Augen ermittelten Werte unter.

Hylkema hat mitgeteilt, daß er die Flimmeruntersuchung bei Amblyopien lediglich zur Unterscheidung gegenüber nicht festgestellten retrobulbären Neuritiden als nutzbringend ansieht, bei denen bekanntlich immer erhebliche Senkungen der FVF auftreten. Wir möchten uns dieser Ansicht anschließen.

Unsere flimmerperimetrischen Ergebnisse erlauben uns keine Aussagen darüber, wo man die Visusherabsetzung des amblyopen Auges lokalisieren muß. Es kann aber mit Wald und Burian gesagt werden, daß die entscheidende Störung bei der Amblyopie im Formensehen liegt, welches bei der FVF nicht im Spiele ist.

VII. Zusammenfassung

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit war es, mit dem von Kleberger angegebenen Gerät unter den für seine Versuche benutzten Meßbedingungen zu untersuchen, ob bei Amblyopie ohne Spiegelbefund Abweichungen des Flimmergesichtsfeldes des amblyopen im Vergleich zum gesunden Auge derselben Versuchsperson zu finden wären. Hierzu wurden 67 Patienten mit unterschiedlichen Visusherabsetzungen und unterschiedlicher Fixationsweise untersucht. Die Meßergebnisse wurden auf Abweichungen der Flimmergesichtsfelder in Abhängigkeit von Visus, Fixationsweise und Alter der Patienten untersucht. Es ließen sich keine signifikanten Abweichungen zwischen den Mittelwerten der FVF amblyoper und gesunder Augen erkennen. Es fiel aber eine erhebliche Schwankungsbreite nach + und - auf.

In einer Zusatzuntersuchung wurde geprüft, ob die mangelhafte Pupillomotorik des amblyopen Auges bei unseren Versuchsbedingungen einen zu berücksichtigenden Einfluß auf die Ergebnisse hat. Ein Einfluß von dieser Seite konnte ausgeschlossen werden.

Die Prüfung der FVF kann dazu verwendet werden, differentialdiagnostisch zwischen Amblyopie und retrobulbärer Neuritis zu unterscheiden.

Literaturverzeichnis

Alagna, G. e O. Petrosillo: Effetto dei tranquillante sulla frequenza critica di fusione. Arch.Oftal.64,239(1960) (Ref.Zbl.Ophth. Bd.82,S.242)

Alexanjan, A. und N.Lifschitz: Einfluß der Dunkeladaptation auf die kritische Verschmelzungsfrequenz intermittierenden Lichts. Fiziol.Z.26,183(1939) (Ref.Zbl.Ophth. Bd.43,S.467)

Alpern, M. und R.W.Spencer: Variation of critical flicker frequency in the nasal visual field. Relation to variation in size of the entrance pupil and to stray light within the eye. Arch.ofOphth. Bd.50,S.50 (1953)

Alpern, M. und D.B.Flitman und R.H.Joseph: Centrally fixed flicker thresholds in amblyopia. Amer.J.Ophth.Ser.3,49 Part.II, S.1194 (1960)

Bangerter, A.: Amblyopiebehandlung. Sonderausgabe von Fasc. 37 der Bibliotheca Ophthalmologica S. Karger Verlag, Basel (1953)

Bartley, S.H.: The neural determination of critical flicker frequency. J.of exper.Psych. 21,678 (1937)

Battersby, W.S. und M.B. Bender: Temporal determinants of foveal CFF after lesions of the cerebral visual pathways. J.comp.physiol.Psychol.51,411 (1958) (Ref.Zbl.Ophth. Bd.76, S.213)

Beck, A.: Optische Messung der Verschmelzungsfrequenz zur Prüfung stoffwechselgebundener oder rein nervöser Funktionszustände. Klin.Wschr. 210 (1949)

Bellarminow, L.: Über intermittierende Netzhautreizung.
v.Graefes Arch.Ophth.35 I, S.25 (1889)

Bergel: zitiert nach Lohmann

Braunstein, E.P.: Beitrag zur Lehre des intermittierenden Lichtreizes der gesunden und kranken Retina.
Z.Physiol.Psychol.Sinnesorg.33,171 (1903)

- - - Untersuchungen über die Verschmelzungsfrequenz bei Augenhintergrunderkrankungen.
v.Graefes Arch.Ophth.70, S.233 (1909)

Cibis, P.: Zur Pathologie der Lokaladaptation. I. Mitt. Physiologische und klinische Untersuchungen zur quantitativen Analyse der örtlichen Umstimmungserscheinungen des Licht- und Farbsinnes unter besonderer Berücksichtigung hirnpathologischer Fälle.
v.Graefes Arch.Ophth.148, S.1 (1947)

- - - Zur Pathologie der Lokaladaptation II. Mitt. Konstruktive Darstellung des Ablaufs der Erregungsvorgänge im normalen und erkrankten Sehorgan bei konstanter und phasischer Reizung umschriebener Sehfeldstellen.
v.Graefes Arch.Ophth.148, S1216 (1947)

Cobb, P.W.: The dependence of flicker on the dark-light ratio of the stimulus cycle.
J.opt.Soc.Amer. 24,107 (1934)

Dodt, E.: Elektroretinographische Untersuchungen zur Analyse des Flimmerphaenomens im menschlichen Auge.
Ber.dtsch.ophth.Ges.57,242 (1951)

Dondero, A. und
Hofstaetter, P.R. und
O'Connor, J.P.: Critical flicker frequency in light and dark adaptation.
J.Gen.Psychol.58, S.11 (1958)

Dubois-Poulsen, A.: Le champ.visuel Masson Paris (1952) (zitiert nach Kleberger)

Enroth, Ch.:	Spike frequency and flicker fusion frequency in retinal ganglion cells. Acta phys.scand.29, S.19
Enroth, E. und Werner, S.:	Untersuchungen des Lichtsinnes mittels intermittierenden Lichtes. Finska Läk.sällsk.Handl.78,161 (1935) (Ref.Zbl.Ophth., Bd.35, S.444)
Exner, S.:	Bemerkungen über intermittierende Netzhautreizung.Pflügers Arch.ges. Physiol. 3 (zitiert bei Lohmann 1870).
- - -	Über die Funktionsweise der Netzhautperipherie und den Sitz der Nachbilder. v.Graefes Arch.Ophth.32,I, S.233 (1886)
Feinberg, I.:	Critical flicker frequency in amblyopia ex anopsia. Amer.J.Ophth.Ser.3,42,473 (1936)
Flemming, K.:	Änderungen der Flimmerverschmelzungsfrequenz nach Einträufelung vegetativer Pharmaka in den Bindehautsack. Z.Biol.107,S.284 (Ref.Zbl.Ophth. Bd.65, S.16)
Geldard, F.A.:	Flicker relations within the fovea. J.Opt.Soc.Amer.24,299 (1934)
Graham, C.H. und Granit, R.:	Inhibition, Summation and Synchronisation of impulses in the retina. Amer.J.Physil.98, S.664 (1931)
Granit, R.:	Comparative studies on the peripheral and central retina. I. On interaction between distand areas in the human eye. Amer.J.Physiol.94,41 (1930)
- - -	The retina as a nervous center. Arch.ophth., 6, S.104
- - -	Two types of retinae and their electrical responses to intermittend stimuli in light and dark adaptation. J.Physiol.85, S.421 (1935)

Granit, R.: Die Elektrophysiologie der Netzhaut und des Sehnerven. Mit besonderer Berücksichtigung der theoretischen Begründung der Flimmermethode. Kbh.: Levin & Munksgaard (1936)

- - - und P. Harper: Synaptic reactions in the eye. Amer.J.Physiol.95,211 (1930)

Grignolo, A. und B.Boles-Carenini: Ricerche sulla determinazione campimetrica della frequenza critica di fusione degli stimulo luminosi II. Fattori influenzanti la frequenza critica di fusione compimetrica. Boll.oculist.33, S.257 (1954) (Ref.Zbl.Ophth. Bd.64, S.16)

Harms, H.: Ort und Wesen der Bildhemmung bei Schielenden. v.Graefes Arch.Ophth.138, S.149 (1937)

Hecht, S. und C.D.Verrijp: A theoretical interpretation of the quantitative data of flicker. J.gen.Physiol.17,237 (1933)

Hessberg, R.: Untersuchungen über die Verschmelzungsfrequenz bei Augenhintergrundserkrankungen. v.Graefes Arch.Ophth.69,272 (1909)

Hylkema, B.S.: Die Verschmelzungsfrequenz bei intermittierendem Licht. Diss. Amsterdam, 114 S.16. Holländisch mit deutscher Zusammenfassung. (zitiert nach Kleberger) (1942)

- - - Fusion frequency with intermittend light under various circumstances. Acta ophtl.(Kbh.)20,159 (1942)

- - - Klinische Anwendung der Bestimmung der Verschmelzungsfrequenz I.und II. Mitt. v.Graefes Arch.Ophth.146, S.110 und S.241 (1944)

- - - Flicker fusion frequency in a few eye disturbances. Ophthalmologica,132,202 (1956)

Jamada: Y.: Studies on the influence of the acustic stimuli upon several visual fundtions. II. on the relationship between acustic stimuli and critical frequency of flicker. Acta Soc.ophth.jap.64,26,72 mit englischer Zusammenfassung (1960). Japanisch. (Ref.Zbl.Ophth., Bd.82, S.242)

Kleberger, E.: Untersuchungen über die Verschmelzungsfrequenz intermittierenden Lichts an gesunden und kranken Augen. I. und II.Mitt. v.Graefes Archiv Ophth.155, S.314 und S.324 (1954)

- - - ... III. Mitt. Das normale Flimmergesichtsfeld. v.Graefes Arch.Ophth.157, S.158 (1955)

- - - ... IV. Mitt. Flimmergesichtsfelder bei pathologischen Fällen. v.Graefes Arch.Ophth.157, S.167 (1955)

- - - Zur Pathologie der Flimmerverschmelzungsfrequenz. Physiologische und klinische Untersuchungen über die Bestimmung der Verschmelzungsfrequenz intermittierenden Lichts im Sinne einer Methode quantitativer Perimetrie. Documenta Ophthalmologica Vol.XV. Separatum (1961)

v.Kries, J.: von Nagels Hb.Physiol.3, S.230 und S.252 (1905)

Kogi, K. und H.Kawamura: On the variation of flicker fusion frequencies of visual pathway with special reference to activating system of the brain. J.Sci.Labour 36,459 japan.mit engl. Zusammenfassung (Ref.Zbl.Ophth., Bd.82, S. 26 (1960)

Kozousek, V.: Beitrag zur Physiologie der Flimmerperimetrie. Ophthalmologica 134,243 (1957)

- - - Beitrag zur Klinik der Flimmerperimetrie. Ophthalmologica 138,195 (1959)

Legrand, Y.: Sur le rythme apparant du papillotement. C.R.Acad.Sci.Paris 204,1590 (1937)

Lohmann, W.: Über die lokalen Unterschiede der Verschmelzungsfrequenz auf der Retina und ihr abweichendes Verhalten bei der Amblyopia congenita. v.Graefes Arch.Ophth.68,395 (1908)

Lythgoe, R.J.and K.Tansley: The relation of the critical frequency of flicker to the adaptation of the eye. Proc.Roy.Soc.105,60 (1929)

- - - The adaptation of the Eye: its relation to the critical frequency of flicker. Med.Res.Council, Spec.Report Ser. Nr.134,I (1929)

Miles, P.W.: Flicker fusion frequency in amblyopia ex anopsia. Amer.J.Ophth.32,2,225 (1949)

- - - Flicker fusion fields: I. The effect of age and pupil size. Amer.J.Ophth.33,1069 (1950)

- - - Flicker fusion fields: III. Findings in early glaucoma. Arch.Ophth.43,661 (1950)

- - - Flicker fusion fields: IV. Neuro-Ophthalmic Lesions. Amer.J.Ophth.34,2,51 (1951)

- - - Testing visual fields by flicker fusion. Arch.Neur.65,39 (1951)

Pesch, K.J.: Untersuchungen über die Verschmelzungsfrequenzen intermittierenden Lichts und die Flimmeradaptation im ganzen Gesichtsfeld bei normalen Augen. Diss. aus der Augenklinik und Poliklinik der Freien Universität Berlin (1961)

Phillips, G.: Perception of flicker in lesions of the visual pathways. Brain 56, S.464 (1933)

Ridell, L.A.: The use of the flicker phaenomenon in the investigation of the field of vision.
Brit.J.Ophth.20, S.385 (1936)

Rupp: Über die Dauer der Nachempfindung auf den seitlichen Teilen der Netzhaut. Inaug.Diss. aus Königsberg (1869) (zitiert nach Lohmann)

Sachs, E.: Die Aktionsströme des menschlichen Auges, ihre Beziehung zu Reiz und Empfindung.
Klin.Wochenschrift. 8, S.136 (1929)

Seiffert, E.: Über den Einfluß hochfrequenten Wechselstromes auf die kritische Verschmelzungsfrequenz des Netzhautzentrums gesunder Augen.
Diss. F.U. Berlin (1954)

Sloan, L.L.: Instruments and technics for the clinical testing of light sense.
Arch.of Ophth.22,233 (1939)

Speiser, S.: Über die Beeinflussung der kritischen Flimmerfrequenz durch verschieden weite Pupillen.
Ophthalmologica (Basel) 116,S.357 (1948)

Svaetichin, G.: Receptor mechanisms for flicker and fusion.
Acta phys.Scand.39 Suppl.134, S.47 (1956)

Teräskeli, H.: Untersuchungen über die Amblyopie ohne Spiegelbefund bei schielenden und nichtschielenden Augen mittels der Flimmermethode.
Acta Soc.Med.Fenn.Duodecim Ser.B.19,3 S.1 (1934)
(Ref.Zbl.Bd.32, S.534 u. zit. nach Feinberg s.o.)

Tschermak, A.: Licht und Farbensinn: Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie von Bethge-Bergmann-Embden-Ellinger, Bd. 12, Teil 1, S.421 ff. (1929)

Ury, M. und G. Lavergne: Etude comparative de la frequence critique de fusion dans le secteur central du champs visuel de l'oeil normal et de l'oeil amblyope.
Bull.Soc.belge Ophth. Nr.125, S.956 (1960)

Vernon, M.D.: Visual perception. Cambridge: Univ. Press. S.55,S.73 (zit. nach Kleberger)

Wald & Burian: The dissociation of form vision and light perception in amblyopia ex anopsia. Amer.J.Ophth.27, S.950 (1944)

Weekers (1947-1949) zitiert nach Kleberger

Weekers, R. und F. Roussel: Les modifications de la fréquence critique de fusion après guérison hhirurgicale du decollement retinienne. Ophthalmologica 115, S.297 (1948)

- - - und Heintz: Les modifications de la fréquence critique de fusion dans le glaucome. Ophthalmologica 118, S.555 (1949)

Werner, S.: Die Bedeutung der Pupillengröße für die Fusionsfrequenz bei Untersuchungen mit intermittierendem Licht. Acta ophth. (Kbh) 14, S.28 (1936)

Herrn Professor Dr. med. Kleberger möchte
ich meinen aufrichtigen Dank für die
Überlassung des Themas und für die stets
freundliche Unterstützung bei der Durch-
führung der Arbeit aussprechen.

L e b e n s l a u f

Ich, Gisela Kürer, geb. Herrmann wurde am 25.7.1936 als zweites Kind des Augenarztes Dr.med. Max Herrmann und seiner Ehefrau, der Augenärztin Dr.med. Lieselotte Herrmann geb. Schott in Plauen/Vogtland geboren. Im Jahre 1942 wurde ich in Plauen eingeschult, wo ich im Jahre 1954 das Abitur mit der Note "gut" bestand. Im Wintersemester 1954 wurde ich an der Medizinischen Fakultät der Humboldt-Universität-Berlin immatrikuliert. Nach dem gut bestandenen Physikum ging ich im Wintersemester 1956 an die Medizinische Akademie Erfurt. Mein Studium beendete ich im Oktober 1960 mit Ablegung des Medizinischen Staatsexamens an der Freien Universität Berlin. Die Gesamtnote des Staatsexamens war "gut". Nach Beendigung der vorgeschriebenen Medizinalassistentenzeit erhielt ich im Juni 1963 die Approbation als Ärztin. Seitdem arbeite ich als Assistenzärztin an der Augenabteilung des Städtischen Wenckebach-Krankenhauses unter Professor Dr.med. Fritz Klemens mit dem Ziel, die Facharztanerkennung für die Augenheilkunde zu erlangen.